

全球锆矿资源现状与利用趋势^{*}

孙宏伟^{1,2}, 王杰^{1,2}, 任军平^{1,2}, 张伟波³, 唐文龙^{1,2}, 付超^{1,2}, 吴兴源^{1,2}, 党智财^{1,2}

(1. 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津 300170; 2. 华北地质科技创新中心, 天津 300170; 3. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037)

摘要: 锆作为一种重要的稀有金属矿产, 广泛应用于现代陶瓷、特种玻璃和原子能工业等战略性新兴产业。中国已经成为全球第一大锆资源消费国, 但中国锆矿资源存在可采储量不足、过渡依赖进口等诸多问题, 其资源保障形式不容乐观。全球锆资源具有分布不均、供应高度集中、供需分离等特点。为了保障中国锆矿行业的可持续发展, 提出立足国内、布局海外、加快产业结构调整及完善战略储备等可持续发展建议。

关键词: 锆矿; 资源分布; 消费领域

中图分类号: P618.85 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0076(2019)05-0098-08

DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2019.05.010

Present Situation and Utilization Trend of Zirconium Resources in the World

SUN Hongwei^{1,2}, WANG Jie^{1,2}, REN Junping^{1,2}, ZHANG Weibo³, TANG Wenlong^{1,2},
FU Chao^{1,2}, WU Xingyuan^{1,2}, DANG Zhicai^{1,2}

(1. Tianjin Center of China Geological Survey, Tinjin 300170, China; 2. North China Center for Geoscience Innovation Centre, China Geological Survey, Tinjin 300170, China; 3. Development and Reseach Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China)

Abstract: As an important rare metal mineral, zirconium is widely used in modern ceramics, special glass, nuclear energy industry and other strategic emerging industries. China has become the world's largest consumer of zirconium sand, but there are many problems in the process of development and utilization of zirconium resources, such as insufficient recoverable reserves and over-dependent on imports, its resource safeguard form is not optimistic. Zirconium resources in the world are distributed unevenly and rarely concentrated, resulting in gaps between supply and demand of them. In pursuit of the sustainable development of zirconium industry in China, the paper puts forward some suggestions on sustainable development, such as taking a foothold in China, co-exploring oversea resources, accelerating the adjustment of industrial structure and increasing the strategic reserve.

Key words: zirconium; resource distribution; consumption

引言

锆属于稀有金属, 但锆在地球中的丰度值大于

铜、镍、铅和锌等^[1], 之所以被称之为稀有金属, 是由于锆独立矿床较少。已知锆的独立矿物有 38 种, 可分为 3 类: 以锆的硅酸盐形式存在的锆石, 以氧化

* 收稿日期: 2019-08-22

基金项目: 中国地质调查局项目“国家地质调查成果集成与规划”(DD20190464); 商务部技术援外项目([2012]558; [2015]352); 中国地质调查局项目(1212011220910)

作者简介: 孙宏伟(1986—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事地质矿产勘查研究工作。E-mail: shwcub@163.com。

物形式存在的斜锆石,以含钛、铌、钽和其他元素的锆硅酸盐形式存在的异性石、钠锆石及锆钽矿等。这些矿物中 ZrO_2 含量变化很大,从4%到99%。

金属锆具有高熔点(1 852 ℃)、高沸点(4 370 ℃)、无毒环保、耐腐蚀等一系列优异的性能^[2],被广泛应用于现代陶瓷、特种玻璃、原子能工业等战略性新兴产业,以及化工、精密铸造和医疗等各个产业领域(表1)。锆与锆产品作为新兴产业中的一员,被冠以“二十一世纪最具潜力的产品”及“原子能时代第一号金属”的美称^[5]。美国在20世纪末便将

锆列为国防战略储备物资,而中国也在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^[6]。中国是目前世界上最大的锆资源消费国,但国内资源供给严重不足,大量依赖进口^[7-8],使中国锆资源供应安全面临着巨大的挑战。如何保障中国锆矿资源的可持续供应,已经成为一个亟待解决的问题。本文将对全球锆资源分布特征、供需格局和赋存状况以及未来锆资源消费趋势等进行分析,并在此基础上提出如何保障中国锆矿资源可持续供应及锆矿行业更好发展的措施和建议。

表1 锆制品应用领域
Table 1 Application field of zirconium products

	硅酸锆	主要用于建筑陶瓷、陶瓷、日用陶瓷及电瓷的色釉的生产,在精密铸造、乳花玻璃以及高级耐火材料等行业也被广泛应用
	二氧化锆	适用于精密陶瓷、光学透镜、电子陶瓷、玻璃添加剂、陶瓷颜料、瓷釉、电熔锆砖、人造宝石、耐火材料以及研磨抛光等行业和产品
	氯化氧化锆	生产其它锆制品如二氧化锆、碳酸锆、硫酸锆、复合氧化锆以及锆钪分离制备金属锆的主要原料,也可以用于纺织、橡胶添加剂、皮革、金属表面处理剂、耐火材料、陶瓷、涂料干燥剂、催化剂、防火剂等产品
传统 锆制 品	电熔二氧化锆	主要用于生产釉料和耐火材料,由于电熔锆中杂质含量高,用途受到限制
	氯化氧化锆	生产其它锆制品如二氧化锆、碳酸锆、硫酸锆、复合氧化锆以及锆钪分离制备金属锆的主要原料,也可以用于纺织、皮革、橡胶添加剂、金属表面处理剂、涂料干燥剂、耐火材料、陶瓷、催化剂、防火剂等产品
	碳酸锆	主要用作化妆品的添加剂和防水剂、阻燃剂、遮光剂以及纤维、纸张的表面助剂,并可用于制取锆铈复合催化材料,是纺织、造纸、涂料、化妆品行业的重要原料
	硫酸锆	皮革处理剂、羊毛处理剂和油漆表面氧化剂的重要原料,可用作催化剂的载体、沉淀剂和除臭剂,也是制取锆化学制品和金属锆、钪的中间原料
金属 锆制 品	工业级锆	主要用于制作化工耐酸碱的设备、军工、电子行业、管道阀门材料、特殊高强及高温合金材料、电真空和照明灯泡行业吸气剂
	火器级锆	用于火器海绵锆助燃剂,也适用于合金添加剂及冶金脱氧剂、化工、民用闪光灯焰火等
	核级 海绵锆	主要用作核动力航空母舰、核潜艇和民用发电反应堆的结构材料、铀燃料元件的包壳等,是重要的战略金属
新兴 锆制 品	氧化锆 结构陶瓷	主要应用于制造氧化锆结构件,包括氧化锆特种陶瓷阀门、手表配件、光纤连接器、陶瓷推剪刀片、陶瓷刀具以及纺织瓷等
	复合 氧化锆	主要应用于各类特种陶瓷、新能源材料、高级耐火材料以及光通讯器材等行业

资料来源:文献^[3-4]。

1 全球锆资源分布特征

1.1 资源储量分布

世界各大洲均发现有锆资源,主要分布在大洋洲和非洲(图1),美洲、亚洲、欧洲也有发现。锆矿床按其成因可分为脉矿和砂矿两种类型,但由于脉矿结构形态复杂,分离共生矿物成本高及开采难度较大等原因,导致目前全球工业开采多以砂矿型为主(全球90%的锆矿来源于砂矿)。砂矿主要包括滨海砂矿、冲积砂矿以及残积砂矿,其中滨海砂矿最具工业开采价值,规模和产量远大于冲积砂矿及残

积砂矿。历经100多年勘查和开采,全球锆矿储量不断增加,但经历了本世纪初的爆炸式增长之后,目前已进入相对稳定的状态^[9-10],2012—2018年基本维持在7 500万t(ZrO_2 下同)左右(表2)^[11]。澳大利亚、南非、肯尼亚及莫桑比克4个国家锆矿储量合计6 140万t,占全球84.11%,矿床类型多以滨海砂矿为主(图1);印度、马达加斯加、巴西、中国、美国、乌克兰、印度尼西亚及俄罗斯等其他国家锆矿储量1 160万t,占全球15.89%。中国的锆储量和美国基本一致,约有50万t,占全球0.68%,相比其他国家中国锆资源较为缺乏。



图1 全球主要锆砂矿分布图

Fig.1 Distribution of major zirconium placers in the world
注:地理底图据国家测绘局网站底图(审图号:GS(2016)1760号)修改。

表2 2018 年主要国家锆矿资源储量

Table 2 The reserves of zirconium resources in major countries in 2018					
主要国家	储量/万 t	占比/%	主要国家	储量/万 t	占比/%
澳大利亚	4 200	57.54	中国	50	0.68
南非	1 400	19.18	美国	50	0.68
肯尼亚	360	4.93	其他国家	1 060	14.52
莫桑比克	180	2.47	合计	7 300	100.00

1.2 主要锆资源国

1.2.1 澳大利亚

澳大利亚是全球锆矿资源最为丰富的国家,也是产量及出口量最大的国家。锆矿类型均为滨海砂矿型,矿床规模巨大,沿东海岸至西南海岸连片分布,主要集中在默瑞(Murray)、帕斯(Perth)和尤卡拉(Eucla)三大盆地。

默瑞盆地东南地区分布有唐纳德(Donald)、明达里(Mindarie)、维姆(WIM150)、库温(Kulwin)、沃乃克(Woornack)和皮若(Pirro)等矿床,其中唐纳德矿床重矿物资源量1.94 亿 t,平均品位4.8%,但其砂泥及放射性元素含量超标,不易分选及开采(王瑞江等,2015);维姆矿床重矿物平均品位3.9%,ZrO₂ 资源量850 万 t;明达里矿床 ZrO₂ 资源量77 万 t^[12-13]。帕斯盆地内主要有麦考斯(McCalls)、图纳普(Tutunup)矿床和艾尼贝巴(Eneabba)矿床,麦考斯矿床重矿物推测资源量44 亿 t,平均品位1.2%^[12-13]。尤卡拉盆地主要有嘉森斯(Jacynth)和阿姆博萨(Ambrosia)矿床,重矿物推测资源量20 亿 t。此外,康宁盆地达姆皮尔(Dampier)矿床重矿物推测资源量13.74 亿 t,重矿物平均品位6.1%^[12-13]。

1.2.2 南非共和国

南非是全球第二大锆资源生产及出口国。南非

钛锆砂矿床主要分布在夸祖鲁-纳塔尔省、东开普省、西开普省和北开普省。在夸祖鲁-纳塔尔省,顿阿尔(Dunal)砂矿床含锆重矿物储量0.77 亿 t,品位最高可达10%;祖提(Zulti)矿床 ZrO₂ 储量达370 万 t;晴风(Fairbreeze)矿床 ZrO₂ 储量60 万 t^[14]。东开普省欧罗比尼(Xolobeni)砂矿床 ZrO₂ 储量1 100 万 t,平均品位5.14%。西开普省纳马夸(Namakwa)砂矿床 ZrO₂ 储量220 万 t,托民(Tormin)砂矿床 ZrO₂ 储量6 万 t^[13-14]。

1.2.3 莫桑比克

非洲东南部的莫桑比克锆矿资源潜力巨大,主要分布在其海岸带附近,矿床类型均为冲积型砂矿床。主要包括:奇布罗(Chiburo)矿床,重矿物资源量达6 亿 t;摩贝斯(Moebase)矿床重矿物资源量276 万 t,平均品位3.55%,ZrO₂ 资源量5 万 t。图皮托(Tupuito)矿床,ZrO₂ 资源量7 000 t;伦古(Ldugo)矿床,ZrO₂ 资源量达6 万 t,重矿物资源量160 万 t^[13-14]。

2 全球锆资源供需情况

2.1 主要生产与出口国

自2011 年来,除2013 年全球锆产量较低(120 万 t)外,其他全年总产量基本保持在120~180 万 t^[15](图2),其中澳大利亚与南非是全球最主要的锆矿石生产及出口国,二者合计产量占全球60%以上^[11](图3),印度尼西亚、莫桑比克以及印度等也是目前全球上主要的锆矿石生产国(表3)。中国虽然锆矿资源匮乏,但大量进口原矿用于生产锆初级产品,是全球上最大的氧化锆制品出口国,95%以上的氧化锆产于中国,其中出口比例为30%~50%。

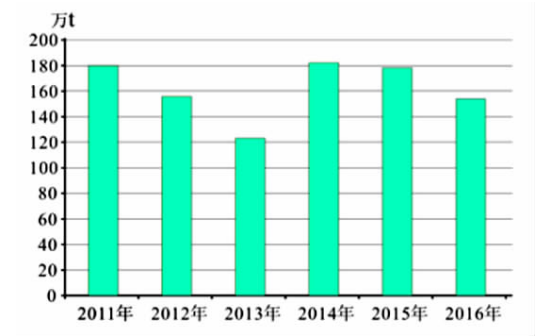


图2 2011—2016 年全球锆精矿总产量

Fig.2 Total production of world zirconium concentrates from 2011 to 2016

表 3 2012—2016 年全球主要锆生产国年产量

Table 3 Annual production data of the world's major zirconium producers from 2012 to 2016

序号	国家	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
1	澳大利亚	60.50	38.80	79.80	60.11	45.00
2	南非	36.72	22.44	39.00	33.00	36.00
3	中国	14.00	15.00	15.00	14.00	14.00
4	印度尼西亚	12.00	12.00	11.00	11.00	11.00
5	莫桑比克	4.69	3.90	6.31	6.40	6.82
6	印度	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
7	巴西	2.04	2.12	2.10	2.10	2.10
8	乌克兰	2.00	4.10	2.70	2.50	2.22
9	越南	1.56	0.76	0.85	0.34	0.87
10	美国	-	-	-	8.00	-
11	马达加斯加	3.12	3.13	1.80	1.80	0.85
12	俄罗斯	0.80	0.85	0.85	0.80	0.80
13	塞内加尔	-	-	0.90	4.52	5.26
14	塞拉利昂	0.11	0.30	0.24	0.14	0.16
15	肯尼亚	-	-	1.50	2.60	3.97
16	马来西亚	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08
17	斯里兰卡	0.03	0.02	0.06	0.06	0.06
总计		141.61	107.46	166.15	151.41	133.19

单位:ZrO₂/万 t(数据来源:文献[11,15])。

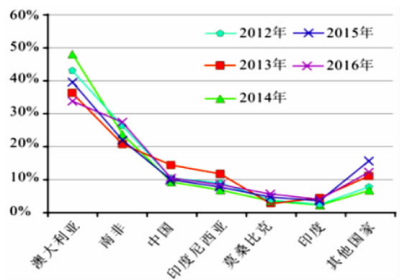


图 3 主要锆矿生产国产量占比
Fig. 3 Production proportion of major zirconium resource producing countries

2.2 主要矿业企业

澳大利亚艾璐卡(Iluka)、美国特诺(Tronox) 和总部位于英国的力拓(Rio Tinto) 是全球前三大锆矿供应商。根据公司年报显示,2017 年艾璐卡拥有锆英砂储量 496.4 万 t,资源量 1 983.8 万 t;特诺拥有锆英砂储量 656 万 t;力拓拥有锆英砂储量 657.3 万 t,资源量 410.1 万 t。2017 年三家公司产量分别为 31.23 万 t、18.1 万 t 和 16 万 t,合计占全球总产量的 41%^[12,13](表 4)。

表 4 全球主要锆矿公司储量和产量情况表

Table 4 The reserves and production of the world's leading zirconium mining companies

公司	矿山	国家	储量/万 t	资源量/万 t	产能/万 t	2017 年产量/万 t
艾璐卡	尤卡拉盆地	澳大利亚	195	548.1	30	21.35
	默瑞盆地	澳大利亚	-	363	1	5.72
	帕斯盆地	澳大利亚	301.4	792.3	25	2.3
	维多利亚	美国	-	54.7	5	1.56
	萨姆别胡姆(Sembehum)	塞拉利昂	-	0.5	-	0.3
	普塔拉姆(Puttalam)	斯里兰卡	-	225.2	-	-
	合计		496.4	1 983.8	50	31.23
特诺	那马克	南非	450	-	12.5	10.5
	夸祖鲁、哨风	南非	88.6	-	5.5	5
	昌达拉(Chandala)	澳大利亚	117.4	-	4	2.6
	合计		656.0	22	18.5	-
力拓	QIT 矿山	马达加斯加	89.4	282.6	-	-
	RMB 理查森湾	南非	567.9	127.5	25	16
	合计		657.3	410.1	25	16
阿斯创公司(Astron)	唐纳德	澳大利亚	520	3 550	-	-
肯梅尔(Kenmare)	莫马(Moma)	莫桑比克	324	999	-	7.4
莫铭锆英石公司 (东方锆业占 65%)	明达里、维姆	澳大利亚	-	1378	-	-
赛弗迪 (Sheffield)	达姆皮尔、麦考斯、 艾尼贝巴	澳大利亚	-	1862	-	-
锆钛公司(TiZir)	格兰迪(Grande Cote)	塞内加尔	175	223	-	-
贝斯资源公司	卡维尔(Kwale)	肯尼亚	23.6	-	-	3.4

2.3 主要消费与进口国

20 世纪 90 年代以前,欧洲、日本和美国是全球

锆资源主要的消费与进口国,90 年代以后中国锆资源消费逐步进入快速增长阶段,而欧美日地区则逐

年下降,2011 年之后中国成为全球锆资源进口第一大国,而且未来仍将保持快速增长。

2.3.1 中国

中国对锆的需求占全球总消费量的 53%^[10,12] (图 4),是全球最大的锆资源消费国,但目前消费领域多为中低端产品。随着中国核电事业进一步发展,未来对锆资源的需求还会增加,但中国锆资源有限,对外依存度过高,2015 年中国进口锆资源量占全球总进口量的 63%^[16] (图 5)。

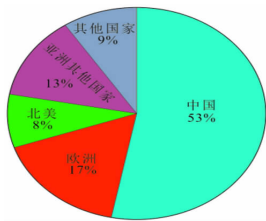


图 4 全球锆矿消费地区分布

Fig. 4 Distribution of zirconium consumption areas in the world

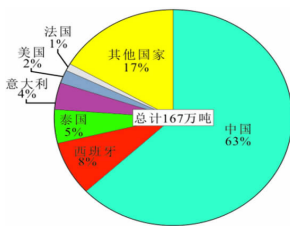


图 5 2015 年全球锆矿石及其精矿进口占比

Fig. 5 Global import ratio of zirconium ore and concentrate in 2015

2.3.2 欧洲

欧洲是全球锆资源第二大消费地区。德国、法国、西班牙和意大利是欧洲锆主要消费国家,特别是意大利和西班牙,是全球高档陶瓷生产国,对锆资源的需求较大,2001—2014 年两国锆资源消费量都占欧洲锆资源年消费总量的 50% 以上^[10]。欧洲也是全球重要核电站运营地区,特别是法国,是全球重要的核级锆生产和加工国家。

2.3.3 美国

美国是全球锆工业发展最早、最完善的国家,其对锆的研究极大地促进了全球锆工业的发展。美国目前锆资源主要依赖进口,统计数据显示^[15],南非与澳大利亚为其主要进口来源国,二者合计占美国进口量 70% 左右。美国锆资源消费领域为原子能及航天工业,如使用于原子能工业的核级金属锆、航空航天工业及兵器工业等高端产业工业级金属锆

等。核动力舰艇是美国锆资源重要的消费客户,据统计^[10],仅美国现役主要核动力舰艇每年需更换 1 590 t 核级锆材,此外美国已装机核电站每年需更换 1 190 t 核级锆材。

2.3.4 日本

日本也是全球重要的锆工业国家,主要应用于高级耐火材料、催化剂及现代陶瓷行业等,其生产的高端锆产品出口到海外,产品附加值高。核电站是日本锆资源的重要消费客户,已装机核电站每年需更换 516 t 核级锆材^[10,12]。

3 中国锆资源分布特征与消费现状

3.1 资源分布特征

中国锆资源储量 50 万 t,仅占全球的 0.68%,主要分布在内蒙古、海南、辽宁、山东、江苏、安徽、江西、福建、广东、重庆、贵州、湖南、湖北和云南 14 个省区,锆矿资源探明储量在 10 万 t 以上的省区有 5 个,依次是内蒙古、海南、广东、云南和广西,全国查明锆矿产地 85 个,其中大中型矿产地有 17 个^[17]。内蒙古锆矿储量占全国锆矿储量的 70% 左右 (图 6),海南锆矿储量占全国锆矿储量的 19%,但由于海南主要为砂矿,可利用性佳,因此海南省是目前中国最重要的锆矿产地 (以砂矿为主),占国内锆矿产量的 94%^[17]。内蒙古自治区锆矿储量虽大,但由于主要是脉矿,开采难度大,未进行大规模开发。

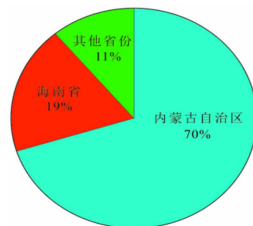


图 6 中国锆矿资源储量分布

Fig. 6 Reserve distribution of zirconium resources in China

3.2 消费现状

3.2.1 主要进口来源

进入 21 世纪以来,中国对锆矿石及其精矿的需求不断增长,但中国自身锆资源储量及产量有限,90% 以上的锆资源依赖进口^[18-20] (图 7),中国逐渐成为全球锆资源消费中心。据 UN COMTRADE 数据显示,澳大利亚是中国进口锆资源的第一大来源国,占比达 50% 以上。为保障锆资源的战略安全,

近年来中国不断尝试拓展锆资源进口来源^[21],包括南非、印度尼西亚、莫桑比克、巴基斯坦以及印度等多国锆资源已进入中国市场^[22](图8),而澳大利亚和南非进口占比仍然维持在60%以上,存在较高的供应风险。

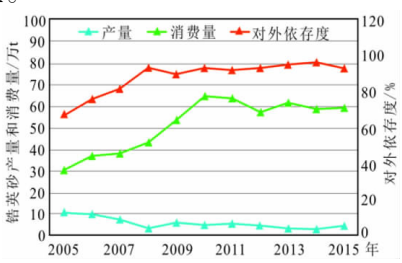


图7 中国锆资源供需和对外依存度

Fig.7 Supply and demand and external dependence of zirconium resources in China

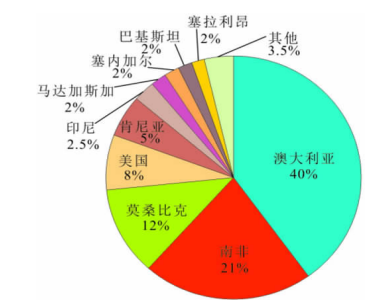


图8 2017年中国锆资源进口来源

Fig.8 China imported zirconium resources in 2017

3.2.2 主要消费领域

近年来,中国锆资源消费结构及各产业中的消费占比变化不大,主要用于陶瓷、化学锆、电熔锆、精密铸造及耐火材料等^[23-25](图9)。目前,中国约45%的锆资源消费在陶瓷,其中以釉面材料、陶瓷原料、遮光剂等消费为主;约19%消费在化学锆,主要用于制造氧氯化锆、氧化锆、碳酸锆及硅酸锆等;约14%消费在耐火材料;精密铸造及电熔锆共消费约22%的锆资源。此外,锆资源在航空航天、核反应及原子能领域的消费占比逐渐升高(图10),这与中国国民经济的调控政策及核产业的快速发展密切相关。

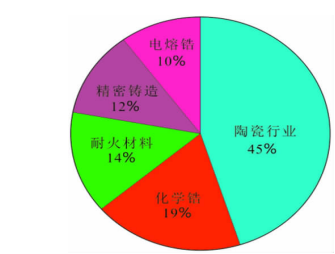


图9 锆资源应用领域占比

Fig.9 The proportion of zirconium resources in application fields

4 中国锆资源消费趋势

中国是全球锆资源消费需求最大的国家,近年来中国已在锆资源领域保持了多个第一^[25],主要包括:锆英砂年进口量,锆英砂年消费量,硅酸锆年产量,硅酸锆消费量,氧氯化锆年产能,氧氯化锆年产量,氧氯化锆年消费量,氧氯化锆年出口量,核级海绵锆年产能和产量,核级海绵锆产量。但中国锆产业发展滞后且资源储量不足,尤其是易开采的砂矿型矿床严重短缺。随着国内战略性新兴产业的快速发展,尤其是核电事业的不断壮大,国内对锆矿资源的需求将进一步增加^[9],巨大的供需缺口导致锆资源对外依存度极高(90%以上),对保障中国锆矿资源的可持续供应和锆矿行业的更好发展十分不利。

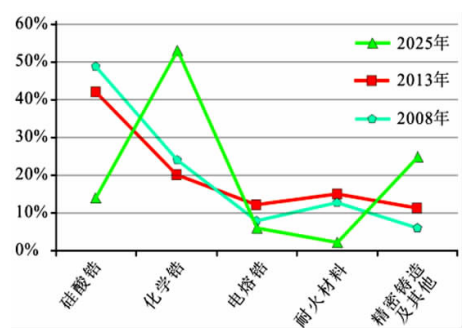


图10 中国锆资源供需及对外依存度

Fig.10 China zirconium resources supply, demand and external dependence

中国未来对锆资源的需求仍将保持快速增长^[9,26-27],但与前期不同的是锆英砂将在高新技术行业得到广泛的应用,使用于传统陶瓷工业的锆资源需求量将呈下降趋势,使用于高技术行业中的锆制品如高纯化学锆、电容锆以及精密铸造等需求量将快速增长(图10)。随着中国核电事业进入快速发展阶段,将催生核级锆新需求,未来将是锆资源需求的主要增长点。此外,近几年中国氧氯化锆出口量占了全球的90%以上,同时还出口化学氧化锆、电熔锆、碳酸锆以及硫酸锆等产品,伴随全球经济复苏,各国竞相发展新兴产业,对在新兴产业中有着重要地位的锆系列产品需求量增大,必然促进中国锆系列产品的出口,从而为中国锆资源需求提供更大的增长点。

综上所述,尽管传统领域对锆资源需求有所下降,但随着高精尖领域对锆资源需求的不断增长,未来中国对锆资源的需求仍将保持较快增长。

5 结论与思考

5.1 结论

全球锆资源分布有以下特点:(1)资源分布不均,澳大利亚和南非保有全球 70% 以上的资源储量;(2)供应高度集中,澳大利亚和南非二者产量占全球总产量 60% 以上,艾路卡、特诺和力拓三大锆矿供应商产量占全球 55% 以上,最大的艾路卡则占 30% 以上;(3)供需分离,中国和欧盟消费需求占全球总需求的 70% 以上,但产量及储量均不及 10%。

中国锆应用领域开始出现新的变化:(1)陶瓷工业使用占比已经呈现下降趋势,而中国锆化学制品对锆资源需求将逐渐增大并取代陶瓷行业成为锆资源的主要消费领域;(2)精密铸造对锆资源的需求也将逐渐增加,锆英砂及锆英粉作为精密制造业的面层材料具有重要地位,截至目前还未找到合适替代品,伴随中国制造 2025 计划的实施,精密铸造业将快速发展,成为第二大消费领域;(3)核级海绵锆产业从无到有,虽然占比较小,但具有重要的战略意义。核级锆是核反应堆的重要材料,广泛使用于军用及民用反应堆。根据中国《能源发展战略行动计划(2014—2020 年)》^[28],未来中国核电将快速发展,到 2025 年装机容量可能达到 8 000 万 kW 以上。而随着中国核电走向国际市场,要同时满足国内与国外两个市场的需求。因此,未来中国对锆的需求将快速上升。

中国锆矿消费结构逐渐转变:(1)硅酸锆的需求将不断减小;(2)化学锆的需求将不断增加,未来将取代硅酸锆成为第一大需求方向;(3)电熔锆尤其是工业级、核级海绵锆需求将越来越大。综合来看,未来在中国锆消费结构中,高技术行业占比越来越重,劳动密集型 and 低技术型行业占比逐渐减少,这也彰显了中国锆产业转型升级的方向。

5.2 思考与建议

中国锆资源严重短缺且对外依存度高,而全球锆资源比较丰富(全球锆矿储量静态保障年限长达 90 年),为保障中国锆资源可持续供应及锆矿行业更好发展,国内企业应该抓住“走出去”和“一带一路”倡议所带来的历史机遇,有效合理地利用好国内外“两个资源,两个市场”,同时加强监督管理机制,完善锆资源法律法规,形成一个稳定、安全、多

元、健康的资源利用与保障体系。具体建议如下:

(1)立足国内,加强国内锆矿资源勘查力度,提高国内资源保障程度。中国砂矿型资源短缺,但岩矿型锆资源较为丰富,应加大对岩矿型锆资源的选冶以及伴生锆资源综合回收方面的研究,切实提高国内资源的保障力度,降低中国锆资源供应的对外依存度。

(2)布局海外,关注重要的资源国及其潜力区,在全球范围内实现锆资源合理配置。全球优质的大型锆矿项目多被国际矿业巨头控制,中国企业在这一领域的影响力和话语权较弱,国内锆相关企业应走向国门,通过资源勘查、购买股权以及工程换资源等多种合作方式,积极参与资源国锆资源的开发项目,与目标国建立长期有效的合作机制,最大力度保障中国锆资源供应安全。但需注意,非洲和东南亚产的锆英砂存在放射性元素铀和钍含量严重超标问题,建议锆英砂进口企业不再进口铀、钍超标的锆英砂,避免对中国生态环境造成不必要的影响。

(3)积极推进锆工业产业结构调整,延伸锆产业链,进一步增加锆产品附加值。中国锆初级产业的发展得益于发达国家严格限制锆初级产品的生产而以进口初级产品生产高端产品的发展路线。随着中国工业化建设的发展,高污染型、劳动密集型以及低技术型产业已经不符合国内发展的方向。因此,加快技术产业升级,延伸产业链长度,增加产品附加值,打造具有自主知识产权的高端锆产品将是未来中国锆产业发展的主要方向。

(4)目前国际市场锆产品供应商及定价权主要掌握在国外几大锆产品巨头手中,为应对国际形势巨变可能造成的供应风险,中国应尽快建立并完善锆矿资源战略储备,在保证供应安全的同时,还能调节市场价格,降低市场波动对整个锆产业带来的不利影响。

致谢

感谢审稿专家张万益教授级高工、赵元艺研究员、吴建设研究员以及匿名审稿老师给予的宝贵建议,感谢中国地质科学院矿产资源研究所张华副研究员在成文过程中给予的指导与帮助!

参考文献:

[1] 迟清华. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京:地质

- 出版社,2007.
- [2] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等.1984.元素地球化学[M].北京:科学出版社,1-548.
- [3] 熊炳昆.锆钨及其化合物应用[M].北京:冶金工业出版社,2002.
- [4] 熊炳昆.二氧化锆制备工艺与应用[M].北京:冶金工业出版社,2008.
- [5] 刘建章.国内核动力堆用锆合金的研究动向[J].稀有金属材料与工程,1990(6):32-35.
- [6] 杨新民.中国锆化学制品产业现状及发展战略[J].钛工业进展,2002(4):37-39.
- [7] 陈其慎,于汶加,张艳飞,等.点石-未来20年全球矿产资源产业发展研究.北京:科学出版社,2016:483-497
- [8] 刘皓阳,马哲.中国锆资源安全分析[J].中国矿业,2017,26(9):6-10.
- [9] 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.
- [10] 薛翻琴,谭化川,张艳飞.全球锆英砂资源供需格局分析[J].中国矿业,2016,25(8):47-52.
- [11] USGS: mineral commodity summaries 2019[EB/OL][2019-05-13]. [https:// minerals. usga. gov/ minerals/ pubs/ commodity/ zirconium/ mcs-2019-zirco. pdf](https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zirconium/mcs-2019-zirco.pdf).
- [12] Roskill. Zirconium concentrate: global industry market and outlook[R]. 2014.
- [13] Iluka. Mineral sands industry [EB/OL][2019-06-10]. [http:// www. iluka, com/ docs/ default - sources/ industry - company - information /](http://www.iluka.com/docs/default-sources/industry-company-information/).
- [14] 尹丽文.全球锆英砂生产能力远大于需求[J].国土资源情报,2017(9):42-47.
- [15] USGS: 2015 Minerals Yearbook: zirconium and hafnium advance release [EB/OL][2019-06-08]. [https:// minerals. usga. gov/ minerals/ pubs/ commodity/ zirconium/ myb1 - 2015 - zirco. pdf](https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zirconium/myb1-2015-zirco.pdf).
- [16] UN COMTRADE. Zirconium ores and concentrates [EB/OL]. [2017-06-01]. [http:// comtrade. un. org/ date/](http://comtrade.un.org/date/).
- [17] 王瑞江,王登红,李健康,等.稀有金属稀散矿产资源及其开发利用[M].北京:地质出版社,2015:74-89.
- [18] 刘莉,虞平,陈洁雯,等.2012年中国锆英砂市场回顾及展望[J].钛工业进展,2013,30(6):9-13.
- [19] 郭宁.安泰科2015年锆钨市场分析报告[R].北京:安泰科咨询研究部,2015.
- [20] 虞平.中国锆英砂供需现状及未来趋势[C]//2016国际铝业大会论文集,2016.
- [21] 海关信息网.锆矿砂及其精矿[EB/OL]. (2014-10-1)[2015-01-09]. [http://www. haiguan. info/ onlineSearch/ TradeStat/ StatCOMSub. asp? TID=1](http://www.haiguan.info/onlineSearch/TradeStat/StatCOMSub.aspx?TID=1).
- [22] 虞平.2018年中国锆英砂市场现状及展望//[C]2018年第十届国际铝业大会.宁波,2018.
- [23] 虞平.中国锆英砂市场现状及展望[J].中国金属通报,2011(21):20-21.
- [24] 黄淑梅,陈伟东,王运锋,等.中国氧氯化锆产业现状及发展对策[J].钛工业进展,2014,31(2):1-7.
- [25] 虞平.国内锆英砂市场价格影响因素分析[J].中国材料进展,2016,26(1):79-82.
- [26] 邬红娣.锆英砂矿产资源的综合利用研究[J].世界有色金属,2017(12):182-183.
- [27] 申正伟,张方方,韩聪,等.中国锆资源现状分析及可持续发展建议[J].中国矿业,2016,25(3):16-20.
- [28] 国务院办公厅.能源发展战略行动计划(2014-2020)[Z]. 2014-06-07.

引用格式:孙宏伟,王杰,任军平,张伟波,唐文龙,付超,吴兴源,党智财.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 Hongwei, WANG Jie, REN Junping, ZHANG Weibo, TANG Wenlong, FU Chao, WU Xingyuan, DANG Zhicai. Present situation and utilization trend of zirconium resources in the world[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2019, 39(5): 98-105.

投稿网址:<http://kebh.cbpt.cnki.net>

E-mail:kcbh@chinajournal.net.cn