

# 中国锆矿资源开发利用形势分析<sup>\*</sup>

张建文<sup>1,2</sup>, 王海东<sup>1</sup>, 龚文勇<sup>2</sup>, 马崇振<sup>2</sup>, 张华<sup>2</sup>, 廖乾<sup>2</sup>

(1. 中南大学 资源加工与生物工程学院, 湖南 长沙 410083; 2. 长沙矿冶研究院有限责任公司, 湖南 长沙 410012)

**摘 要:** 中国是世界锆矿资源进口大国和消费大国。在分析中国锆矿资源分布、储量、产量、供需形势和消费结构等基础上, 指出了中国当前锆矿资源开发利用中存在的突出问题, 如中国锆矿资源稀缺、极度依赖进口、锆消费结构不合理等。针对这些问题, 提出了大力推进锆原生矿资源开发、加速锆产业转型升级、加快矿业“走出去”步伐等建议, 以保证我国锆矿资源的可持续供应和锆产业的可持续健康发展。

**关键词:** 海滨砂矿; 锆矿; 利用现状; 建议

**中图分类号:** P618.85 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0076(2019)05-0106-05

**DOI:** 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2019.04.055

## Analysis on the Development and Utilization Situation of Zirconium Resource in China

ZHANG Jianwen<sup>1,2</sup>, WANG Haidong<sup>1</sup>, GONG Wenyong<sup>2</sup>, MA Chongzhen<sup>2</sup>, ZHANG Hua<sup>2</sup>, LIAO Qian<sup>2</sup>

(1. School of Minerals Processing and Bioengineering, Central South University, Changsha 410083, China; 2. Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Limited Liability Company, Changsha 410012, China)

**Abstract:** China has become the large zirconium importer and consumer in the World. Based on the analysis of the distribution, reserve, yield, demand and supply situation, consumption structure of the zirconium resources in China, this paper put forward that there are some problems existing in the Chinese zirconium industry at present, such as scarce zirconium resources in china, extremely dependent on imports, and unreasonable zirconium consumption structure and so on. In order to solve these problems, suggestions are put forward, such as vigorously promoting the development of primary zirconium ore, accelerating the transformation and upgrading of zirconium industry, and accelerating the “going out” pace of the mining and so on, to ensure the sustainable supply of zirconium resources and the sustainable and healthy development of zirconium industry in China.

**Key words:** beach placer; zirconium ore; utilization status; suggestion

锆是一种重要的稀有金属, 具有极高的熔点、超高的硬度和强度、较强的抗腐蚀性能、较好的可塑性及特殊的核性能等优良特性, 被广泛应用于陶瓷、精密铸造、耐火材料、航空航天、军工、核反应和原子能

等各个领域<sup>[1-2]</sup>。因此, 锆矿资源已成为全球矿业市场关注的焦点, 作为国际战略性资源的地位日益凸显。《全国矿产资源规划(2016—2020)》明确将锆矿资源列入24种战略性矿产名录<sup>[3-4]</sup>。

\* 收稿日期: 2019-08-03

基金项目: 国家自然科学基金(51474237; UI660206)

作者简介: 张建文(1982-), 内蒙古呼和浩特人, 博士研究生, 高级工程师, 主要从事磁电选矿技术与装备、共伴生与再生资源综合利用、智能矿山的研究与应用, E-mail: zhangjianwenabc@163.com。

中国是世界锆矿资源的进口大国和消费大国。随着中国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段,在未来十几年内中国对锆矿资源需求仍将保持较大的规模,国内锆矿资源消费结构也将发生重大转变,由传统的硅酸锆陶瓷行业为主逐步向高质量锆化学制品和精密铸造等行业发

展<sup>[5]</sup>。但中国锆矿资源可采储量不足,国内开采和生产的锆英砂产量远不能满足国内需求,中国锆英砂供应大量依赖进口,对外依存度高达85%以上。本文从中国锆矿资源概况和开发利用现状出发,分析中国锆矿资源行业存在的突出问题,在此基础上探讨我国锆矿资源的可持续发展策略。

## 1 中国锆矿资源概况

锆矿床分为砂矿床和原生矿床两大类,世界各地的锆主要赋存于原生矿床和海滨砂矿床中。已经发现的锆矿物有40多种,其中最具有开采工业价值的锆矿物主要为锆英石及斜锆石。中国锆矿资源主要分布在内蒙古自治区(约占70%)和海南地区(约占19%)<sup>[6]</sup>。内蒙古自治区碱性花岗岩型矿床由于选矿困难和开采成本高等原因至今尚未开采利用,其它地区为海滨锆钛砂矿。我国常开采以砂矿床为主的锆英石矿床,包括海滨砂矿和冲积砂矿等类型,其中以海滨砂矿矿床最具工业价值。用于生产锆英石精矿的海滨砂矿矿床主要分布在山东半岛、福建省和海南省等沿海区域。

中国锆矿资源在世界锆矿资源储量排名中靠后,中国的锆矿资源可采储量严重不足,只有50万t左右。美国地质调查局(USGS)2017年的统计资料显示<sup>[7]</sup>,目前世界锆矿资源储量为7440万t左右,见表1。澳大利亚、南非和印度等国家集中了全球85%以上的锆矿资源,其中澳大利亚锆矿储量占到全球锆矿储量的60%以上<sup>[5]</sup>。2017年澳大利亚和南非的锆矿储量分别约为4700万t和1400万t,二者分别占全球锆矿储量的63.17%和18.82%,印度锆矿储量约为340万t,在世界排名第三位。可见世界锆矿资源储量空间分布差异明显,这样极易造成锆矿资源价格垄断和锆产业发展不均衡。中国和美国的锆矿储量相近,约有50万t,分别占全球锆矿储量的0.67%,在全球排名并列第五位。与其他国家相比,中国锆矿资源较为匮乏,加之目前国内本土锆

英石精矿产量太少,远不能满足国民经济发展需求,需要依靠大量进口。

表1 2017年中国锆矿储量与其他国家储量的比较  
Table 1 Comparison of China's zirconium reserves with reserves in other countries in 2017

| Sequence number | Country or region | Reserves/10 kt | Ratio/% |
|-----------------|-------------------|----------------|---------|
| 1               | Australia         | 4 700          | 63.17   |
| 2               | South Africa      | 1 400          | 18.82   |
| 3               | India             | 340            | 4.57    |
| 4               | Mozambique        | 180            | 2.42    |
| 5               | America           | 50             | 0.67    |
| 6               | China             | 50             | 0.67    |
| 7               | Other countries   | 720            | 9.68    |
| 8               | World total       | 7 440          | 100.00  |

## 2 锆矿资源开发利用现状

### 2.1 主要锆生产国锆矿产量

受全球经济形势影响,除2008—2012年世界锆矿产量波动较大外,最近5年世界锆矿产量基本稳定,但总体呈波动上升趋势。世界锆矿产量由2008年的136万t增长到2017年的160万t,由此可见在世界锆需求量增加的形势下,全球锆产业正在持续健康发展。世界锆生产国主要为澳大利亚和南非,其次为中国和印度尼西亚等国<sup>[8]</sup>,这四个国家2017年的锆矿产量分别为60万t、40万t、14万t和12万t,分别占全球锆生产量的37.50%、25.00%、8.75%和7.50%,如表2所示。印度尼西亚锆矿产量仅次于中国,近5年来稳定在12万t左右。

近10年来,中国锆矿产量基本稳定,2008年我国生产出16万t锆矿砂,以硅酸锆为主要原料的建筑用陶瓷用量大增,主要用于房地产。受2008年金融危机的影响,2009年我国锆矿产量下滑至13万t。此后由于政府积极调控,使得供需关系达到合理水平,锆矿产量增长达到趋于稳定的状态,到2017年我国已经稳居世界第三大锆生产国,如表2所示。

### 2.2 中国锆矿资源供需形势

2017年全球锆矿供应量在127万t左右,2017年全球锆矿需求量在123万t左右。澳大利亚Iluka资源有限公司(Iluka)、美国特诺公司(Tronox)和英国力拓集团(Rio Tinto)是全球前三大锆矿供应商,掌握了全球主要锆英砂的开采和生产。根据三家公司年报显示,2017年Iluka拥有锆英砂储量约307万t;

表 2 2008 ~2017 年中国与世界其他国家主要锆矿产量比较

Table 2 Comparison of China's zirconium output with output in other parts of world from 2008 to 2017

/万 t

| Country         | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Australia       | 57.5 | 47.6 | 48.1 | 76.2 | 61   | 85   | 90   | 56.7 | 55   | 60   |
| China           | 16   | 13   | 14   | 15   | 15   | 15   | 14   | 14   | 14   | 14   |
| India           | 2.9  | 3.1  | 3.1  | 3.9  | 4    | 4.1  | 4    | 4    | 4    | 4    |
| Indonesia       | —    | 6    | 6    | 13   | 6    | 11   | 12   | 11   | 11   | 12   |
| Mozambique      | —    | —    | —    | 4.4  | 4.7  | 4.7  | 5.6  | 5.2  | 5.5  | 7.5  |
| South Africa    | 40.5 | 39.2 | 39   | 38.3 | 40   | 17   | 17   | 38   | 40   | 40   |
| Other countries | 12   | 1.9  | 3    | 11   | 10.9 | 14   | 11   | 10.5 | 11   | 11   |
| World total*    | 136  | 116  | 119  | 162  | 142  | 151  | 154  | 152  | 146  | 160  |

Note: Total world production does not include US zirconium production; “—” means no data. Source: USGS, Mineral Commodity Summaries.

Tronox 拥有锆英砂储量约 690 万 t;Rio Tinto 拥有锆英砂储量约 595 万 t。2017 年三家公司锆矿产量分别为 31.23、18.10、16.00 万 t,合计占全球锆矿产量的 49.49%,掌控锆英砂定价权。

中国锆矿资源由于资源禀赋差、储量少、自给能力不足,远不能满足国内锆产业链的加工生产和消费需求,中国大量锆矿资源及锆英砂每年需要从国外进口。中国有 85% 以上的锆英砂供应依赖进口,进口的锆英砂主要为低品位的锆中矿和  $Zr(Hf)O_2$  品位 65% 以上的锆精矿。据统计,中国 2017 年进口锆矿及锆英砂 101.5 万 t,如图 1 所示。由于持续的锆矿资源自给不足,中国近 3 年锆矿进口量均超过 100 万 t。进口国家主要为澳大利亚和南非,进口量占比分别为 40.28% 和 21.20%,此外,莫桑比克、美国和肯尼亚也是中国主要进口国家,前 5 大进口国占比达到 86.35%,如表 3 所示<sup>[9]</sup>。由于受中国锆矿资源品种、生产规模和地理环境等条件限制,我国用于国民经济建设需求的锆英砂资源长期大量依赖进口的局面将很难改变<sup>[10]</sup>。

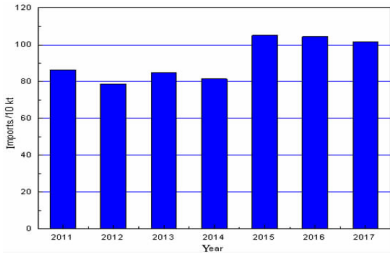


图 1 中国近年锆矿及锆英砂进口量

Fig. 1 Histogram of China's zirconium ore and zircon sand imports in recent years

2.3 锆矿资源消费结构

在全球范围内,陶瓷工业、铸造工业、耐火材料工业、锆金属及其化学制品等构成锆的主要消费结构,目前全球锆应用最为广泛的领域是传统的陶瓷工业<sup>[5]</sup>。2016 年全球锆需求中陶瓷用锆英砂占比一半以上,高达 53%;其次为精密铸造用锆英砂,占比为 14%;锆化学品占比为 13%,耐火材料占比为 10%,其他消费占比为 10%,如图 2 所示。由锆英石加工的二氧化锆是一种具有良好机械性能并且广泛应用的陶瓷材料<sup>[11]</sup>。二氧化锆陶瓷应用范围广泛,主要应用包括坩埚等耐火材料、陶瓷手机外壳、生物医学器械<sup>[12]</sup>、陶瓷轴承、发动机等结构陶瓷、陶瓷球珠、陶瓷刀具等功能陶瓷、氧化锆宝石、陶瓷首饰和陶瓷手表等装饰材料。在技术不断进步和市场开拓下,预计二氧化锆结构陶瓷和功能陶瓷等领域的应用将逐步扩大。

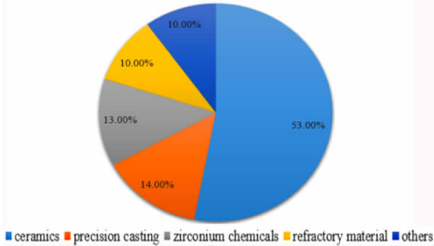


图 2 2016 年全球锆终端产品结构占比

Fig. 2 The structure proportion of global zirconium terminal products in 2016

表 3 2017 年中国进口锆矿及锆英砂分布

Table 3 Distribution of China's import zirconium ore and zircon sand in 2017

| Country         | Zircon middlings /10 kt | Zircon concentrate /10 kt | Total /10 kt | Ratio /% |
|-----------------|-------------------------|---------------------------|--------------|----------|
| Australia       | 12.65                   | 28.22                     | 40.87        | 40.28    |
| South Africa    | 5.13                    | 16.38                     | 21.51        | 21.20    |
| Mozambique      | 11.87                   | —                         | 11.87        | 11.70    |
| America         | 7.63                    | —                         | 7.63         | 7.52     |
| Kenya           | 3.10                    | 2.64                      | 5.74         | 5.65     |
| Indonesia       | —                       | 2.20                      | 2.20         | 2.17     |
| Thailand        | —                       | 0.61                      | 0.61         | 0.60     |
| Madagascar      | 1.95                    | /                         | 1.95         | 1.92     |
| Pakistan        | 1.75                    | —                         | 1.75         | 1.72     |
| Sierra Leone    | 1.65                    | —                         | 1.65         | 1.63     |
| Senegal         | 1.56                    | 0.58                      | 2.14         | 2.11     |
| Other countries | 2.44                    | 1.11                      | 3.55         | 3.50     |
| World total     | 49.73                   | 51.74                     | 101.47       | 100.00   |

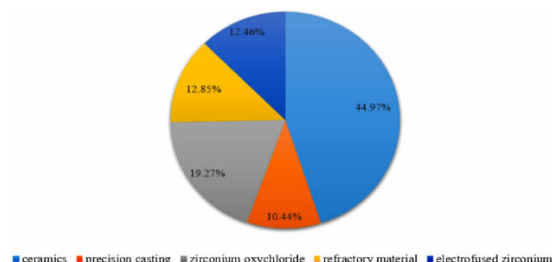


图3 2017年中国锆英砂消费结构

Fig.3 Consumption structure chart of China's zircon sand in 2017

我国2017年锆英砂的总需求量高达62.26万t<sup>[9]</sup>。其中陶瓷业需求量最大,占总需求量的44.97%,主要应用于各种日常家用、建材陶瓷及卫生陶瓷等陶瓷领域;用于精密铸造业消耗的锆英砂占总需求量的10.44%;氧化锆常被用于制作橡胶添加剂、涂料干燥剂、泥土稳定剂、凝结处理剂及其他锆产品深加工的中间体等,消耗的锆英砂占总需求量的19.27%;生产锆质耐火材料消耗的锆英砂占总需求量的12.85%;用于生产釉料和耐火材料等电熔锆的锆英砂消耗量占总需求量的12.46%,如图3所示。

### 3 中国锆矿资源利用存在的问题

锆金属被广泛应用于陶瓷、精密铸造、耐火材料、航空航天和军工等关键领域,与中国国民经济的发展密切相关。中国是世界锆矿资源进口大国和消费大国。同澳大利亚和南非等锆资源大国相比,我国锆矿资源产业开发利用面临的问题严峻,主要表现为:

(1)中国锆矿资源稀缺。中国70%以上锆矿资源为原生锆矿资源,由于选矿难度大和开采成本高等原因,至今尚未成功开采利用。这造成中国锆矿资源可采储量严重不足,仅占全球储量的0.67%。国内开采的海滨砂矿床只能满足国内锆产业部分生产加工需求。

(2)锆矿资源极度依赖进口。由于中国锆矿资源禀赋差,储量小,锆英砂生产规模小,国产锆英砂远不能满足国内锆产业的加工生产需求,每年85%以上的锆英砂供应需要从国外进口,近3年中国锆矿进口量均超过100万t,规模巨大,是名副其实的进口大国。这对中国锆资源产业发展极为不利,势必会导致中国锆产业的发展在很大程度上受到少数世界锆矿生产大国锆资源供应和国际锆市场价格的

牵制,不仅使中国在锆矿国际贸易谈判中没有足够的话语权,甚至可能会对中国的国民安全和经济安全等造成威胁,局面非常被动。

(3)锆消费结构不合理。目前国内锆加工企业主要投产于低技术低附加值的硅酸锆、氧氯化锆和氧化锆等中低端产品,占市场消费60%以上,这些产品缺乏国际竞争力,非常不利于企业的良性发展。这些初级产品产能过剩、能耗高和环境污染大等问题日益突出。而化学氧化锆、碳酸锆和硫酸锆等锆化学品,铸造砂、型砂等精密铸造业用锆,这些高技术行业消费占比不大。

### 4 建议

通过对中国锆矿资源特点、开发利用现状及存在问题分析梳理,为保障我国锆资源的可持续供应和锆产业的可持续健康发展,提出以下几点建议以供探讨。

#### (1)大力推进锆原生矿资源开发

中国70%以上锆英石资源赋存于原生矿矿床中,目前尚没有将锆矿物从原生矿中分离出来的成熟可靠技术,导致中国锆英石原生矿资源一直得不到有效经济利用。因此开发技术成熟,成本低廉、经济可行和环保低碳的原生矿资源新方法和新技术意义重大,有望从根本上解决我国锆矿资源供应紧张和满足锆产业发展的需求。中国应在国家政策和资金支持等层面,鼓励和推动高等院校、科研院所和锆矿加工生产企业开展联合技术攻关,构筑政产学研协同创新体系,不断开拓创新,争取早日攻克从原生矿中分离提取锆英石的技术瓶颈,并最终实现产业化。

#### (2)加速锆产业转型升级

锆加工企业应坚持创新引领,把握发展机遇,大胆引进新技术和新方法来提升产品质量和服务水平,控制和降低“三废”污染物排放。例如企业应着力开发铪等放射性物料萃取分离技术和提高锆英砂分解率的新技术。如发明的锆英砂多级碱熔新工艺,可使锆英砂分解率达到98%以上,而且实现了废物零排放或少排放。随着中国提出加快培育和发展锆等战略性新兴产业,将极大地带动企业开发以锆为关键材料的新型合金、特种功能陶瓷、特种功能玻璃和能源材料等高端产品,促进锆英砂需求和消费结构发生重大转型。未来在中国锆消费结构中,

高附加值和高技术含量行业占比将越来越大,这是中国锆产业转型升级的发展方向。

### (3) 加快矿业“走出去”步伐

为推动“一带一路”矿业国际合作,实现矿业合作互利共赢。中国鼓励和支持国内地质勘查单位、国有企业与民营企业携手深度合作,组织专业队伍赴国外找矿、探矿和采矿。同时中国可通过购买海外矿权、控股、参股和全资收购等方式积极开发利用国外锆矿资源,以促进我国锆产业的可持续发展。2017 年海南省地质局控股的海南海域矿业有限公司申请的两个锆钛砂矿采矿证获得莫桑比克矿业部批准,新增资源储量锆英石 74 万 t,这两个采矿证的获批将为该公司长远发展奠定坚实的基础,为我国锆矿资源的可持续供应提供保障。近年来民营企业济南域潇集团在莫桑比克取得矿权、勘探和开采利用权方面,走在了中资企业的前列,得到中国和莫桑比克政府的高度关注。该公司在莫桑比克开发了三个锆钛矿开采项目。其中采矿证编号为 5004C 的莫桑比克赞比亚省克里马内市锆钛矿项目是莫桑比克有史以来面积最大的金属矿采矿证,矿石储量为 3.12 亿 t,其中含锆英石 121.3 万 t,矿物价值巨大。截至 2017 年底,该项目锆中矿年产量已达 8 万 t。

### 参考文献:

- [1] 车东,王建平,吴起鑫,等.我国锆资源形势及可持续发展建议[J].资源与产业,2016,18(3):23-28.
- [2] 申正伟,张方方,韩聪,等.我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.
- [3] 周艳晶,李建武,王高尚.全球战略性新兴产业矿产资源形势分析[J].中国矿业,2015,24(2):1-4.
- [4] 李鹏飞,杨丹辉,渠慎宁,等.稀有矿产资源的全球供应风险分析——基于战略性新兴产业发展的视角[J].世界经济研究,2015,(2):96-104.
- [5] 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.
- [6] 陈忠,杨慧宁,颜文,等.中国海域固体矿产资源分布及其区划—砂矿资源和铁锰(微)结核—结壳[J].海洋地质与第四纪地质,2006,26(5):101-108.
- [7] 美国地质调查局 2008—2017 年锆统计数据[EB/OL][2019-05-16]. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs>.
- [8] 周进生,鲍荣华.南非矿业现状及与我国合作前景分析[J].矿业研究与开发,2009,29(1):99-100.
- [9] 瑞道金属网. 锆[EB/OL][2019-06-20]. <http://www.ruidow.com/Zr>.
- [10] 蒋东民.中国锆英砂中长期需求分析[J].钛工业进展,2011,28(4):7-9.
- [11] Manicone PF, Iommetti PR, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications[J]. Journal of dentistry, 2007, 35(11): 819-826.
- [12] Isabel Abánades Lázaro, Ross S. Forgan. Application of zirconium MOFs in drug delivery and biomedicine[J]. Coordination chemistry reviews, 2019, 380: 230-259.

引用格式:张健文,王海东,龚文勇,马崇振,张华,廖乾.中国锆矿资源开发利用形势分析[J].矿产保护与利用,2019,39(5):106-110.

ZHANG Jianwen, WANG Haidong, GONG Wenying, MA Chongzhen, ZHANG Hua, LIAO Qian. Analysis on the development and utilization situation of zirconium resource in China[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2019, 39(5): 106-110.

投稿网址:<http://kcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail:kcbh@chinajournal.net.cn