

# 美国稀土产业现状及政策选择

赵纪东 张志强 郑军卫

中国科学院兰州文献情报中心,甘肃 兰州 730000

**摘要** 从日常生活到高科技领域,稀土都有着广泛的应用,因此其被很多国家视为战略性资源。近年来,由于对中国稀土的高度依赖,美国等国家对中国的稀土政策产生了不满,并诉至世界贸易组织(WTO)。在简要介绍全球稀土概况(特征与储量)的基础上,分析了美国稀土产业的现状:稀土资源丰富,但国内开采一度停滞;依赖进口,且进口集中度高;国内供应链不完整;科研水平全球领先。对于美国产业未来的政策选择,则可能包括:研发新技术;授权并资助美国地质调查局(USGS)进行全球稀土资源评估;支持并鼓励稀土矿的勘探以及建立储备。由此,美国稀土自给能力将可快速得到增强,而未来,全球稀土储量及未发现资源将足以满足其各种需求。

**关键词** 稀土;产业现状;战略资源;政策选择

中图分类号 F410 文献标志码 A 文章编号 :1005-2518(2015)03-0019-05 DOI :10.11872/j.issn.1005-2518.2015.03.019  
引文格式 ZHAO Jidong, ZHANG Zhiqiang, ZHENG Junwei. Rare Earths Industry Status and Policy Options for America [J]. Gold Science and Technology, 2015, 23(3): 19-23. 赵纪东, 张志强, 郑军卫. 美国稀土产业现状及政策选择 [J]. 黄金科学技术, 2015, 23(3): 19-23.

稀土元素(Rare Earth Elements, REE)包括 17 种元素,分别是钪(Sc)、钇(Y)、镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钷(Pm)、铈(Sm)、铕(Eu)、钆(Gd)、铽(Tb)、镝(Dy)、钬(Ho)、铒(Er)、铥(Tm)、镱(Yb)、镱(Lu)。该组功能材料同时具有电、磁、光及生物等多种特性,有工业维生素之称,美国、日本等国更是将其列为 21 世纪的战略元素<sup>[1-2]</sup>。从日常生活中用到的催化转换器(如减少汽车的有害气体排放)、催化剂(如加速石油精炼)、磁性材料(如提高永磁马达性能)等,再到核工业、电子及超导体等重大科技领域,稀土的用途极其广泛,已经成为高科技产业发展中不可或缺的关键基础材料<sup>[3-6]</sup>。因此,世界各国,尤其是工业大国,无不将稀土视为战略资源。

2012 年 3 月,美国、欧盟和日本就中国稀土等产品的出口管理问题向世界贸易组织(WTO)提出诉讼。2014 年 3 月 26 日, WTO 初步裁定中国违规,引起中国政府的高度关注。2014 年 6 月,中国或将

取消稀土出口限制的消息引起广泛报道,随后国土资源部宣布将继续实行稀土总量控制。由此可见,作为全球稀土主要供应者的中国仍将控制其供应量。在此,结合美国近年来的行动和政策变化,我们对美国稀土产业现状及其政策选择做一简要分析,以期能为中国稀土产业的未来发展和规划提供有益帮助。

## 1 全球稀土概况

总体来看,稀土的稀有性主要体现在以下方面:①稀土元素在地壳中的含量并不低,部分元素的丰度甚至高于铜、锌等常见金属,但是,它们在可开采矿床中的含量却非常小;②稀土矿组成复杂,且具放射性,这使其加工必须面对复杂的流程(也有例外,如中国南方离子型稀土矿,其不具放射性,且开采工艺简单,但这类稀土全球分布较少),同时还要处理由此带来的安全问题,这大大妨碍了放射

收稿日期 2014-12-29,修订日期 2015-02-10

基金项目:中国地质调查局地质矿产调查评价专项项目“地质科学与资源科学进展监测与分析课题”(编号:12120113018800)、中国科学院国家科学图书馆 2013 年前瞻研究项目“世界重要矿产资源开发利用格局研究”和中国科学院“十二五”委托任务“资源环境科技发展态势监测分析与战略研究”联合资助

作者简介:赵纪东(1981-),男,陕西宝鸡人,副研究员,从事地球科学与资源情报研究工作。zhaojd@llas.ac.cn

性较强稀土矿的经济开采,③稀土矿体中往往富含轻稀土元素(从镧到钷),相比之下,很多稀土矿体明显缺少重稀土元素(从铽到镱),因此,重稀土元素处于供应短缺的状况,如镱十分紧缺;④富含稀土元素的矿物常常以副产品或副产物的形式在开采其他矿产品的时候被开采出来,而不是以主要产品的形式开采,据统计,全球90%的稀土产品属于副产品或副产物<sup>[7]</sup>。

从稀土资源的全球分布来看,存在明显的不均衡现象。全球稀土主要分布在中国、巴西、美国、印度和澳大利亚(表1)。其中,中国的稀土资源最为丰富,占全球总储量的39.29%;其次是巴西,占全球总储量的15.71%(2011年,巴西稀土储量仅有4.8万t,新增储量多发现于近2年)。两国储量之和超过全球的一半,占到了55%。

表1 2013年世界主要国家和地区稀土储量<sup>[8]</sup> (万t)

国家或地区	储量	占比/%
美国	1 300	9.29
澳大利亚	210	1.50
巴西	2200	15.71
中国	5500	39.29
印度	310	2.21
马来西亚	3	0.02
其他国家	4477	31.98
全球总计	14 000	100

## 2 美国稀土产业现状

### 2.1 稀土资源丰富,但国内开采一度停滞

美国稀土资源十分丰富,拥有稀土储量1 300万t,约占全球的9%,居世界第3位<sup>[8]</sup>。从发展历史来看,美国对稀土矿的大规模开发始于20世纪50年代对加利福尼亚州Mountain Pass矿的开采。从20世纪60年代中期到80年代,Mountain Pass一直是全球稀土氧化物的主要来源(图1),一度占据全世界供应量的70%左右,因此这一时期也被称作Mountain Pass时代。1989年后,由于中国的廉价优质稀土可确保美国军工业需要,美国逐渐降低稀土开采量,2003年产量下降为零,但是在1998年之前,Mountain Pass仍然生产了美国国内和自由市场国家消费的大部分轻稀土元素。相比之下,中国则逐渐成为全球轻、重两类稀土元素的主要供应商。

未来,美国国内的稀土供应仍将大部分来自Mountain Pass矿山。美国地质调查局(USGS)对美

国稀土资源的潜在经济可行性评估(需要进行充分的钻探、中试规模的冶金测试和权威的经济分析)后发现,目前美国只有Mountain Pass这一个矿床达到了上述标准,评估认为其含有可观储量的稀土资源,探明储量1 358.8万t,总稀土氧化物含量112万t<sup>[7]</sup>。为实现美国稀土需求的可靠供应,2010年Mountain Pass的稀土开采预备工作开始,并于2012年投产。因此,2012年美国稀土产量达到800t,实现了多年以来的零突破,2013年更是增加到4 000t<sup>[8]</sup>。随着新的生产加工设施的完成,未来Mountain Pass的产量将进一步提升。

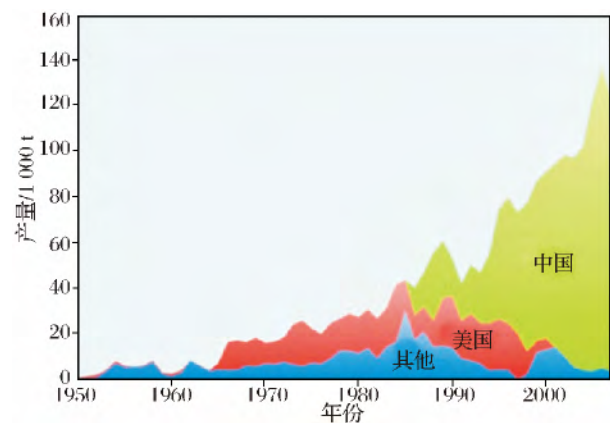


图1 1950—2007年全球稀土氧化物生产情况<sup>[9]</sup>

### 2.2 依赖进口且进口集中度高

2002年,美国国内唯一的稀土供应来源地Mountain Pass矿山关闭。尽管该矿山继续以库存生产稀土材料,但是并没有新的稀土矿被开采。自那时以来,美国的稀土原材料开始逐渐全部依赖进口,其中绝大部分来自于中国。近年来(2008—2013年)美国90%以上的稀土供应来自中国<sup>[10]</sup>。从全球供应情况来看,美国地质调查局(USGS)发布的《矿产品概要》(Mineral Commodity Summaries)<sup>[8,11-12]</sup>表明,2008—2011年中国稀土产量占全球总产量的95%以上,而从2012年开始这一比例下降至90%以下。尽管如此,中国的产量仍然占全球的绝大多数。但是,在潜在需求不断增加这一大背景下,必然导致中国与其他国家的贸易摩擦。

与此同时,美国的进口在很大程度上还受限于中国对稀土的配额管理,包括生产配额(国土资源部对稀土开采实施总量控制,工信部对稀土的冶炼分离给出指令性生产计划,本文指后者)和出口配额(由商务部主管)。特别是出口配额,2006年以来,

中国稀土的出口配额一直在不断下降,最大降幅出现在2010年,达40%(图2)。这一举措在2010年引发了全球的高度关注,此后各主要进口国纷纷开始寻找其他稀土来源。自此,稀土的全球化供应正式拉开帷幕,美国和澳大利亚开始重振其稀土矿业;深海资源再度引发重视,有美国科学家开始研究收集锰结核以便获取稀土金属的方法;回收利用以及储备再度引起高度关注<sup>[13]</sup>。此外,还可发现,2010年之后,中国稀土出口配额基本稳定,保持在每年3万t左右,在生产方面,2010年之后,中国稀土生产配额提高并稳定至9.3万t左右。由此表明,中国国内的稀土需求可能正在增长或者稀土储备正在发展。

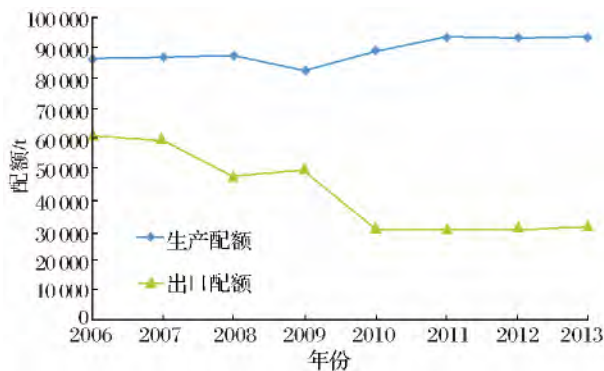


图2 2006—2013年中国的稀土生产配额和出口配额<sup>[10, 14]</sup>

### 2.3 国内供应链不完整

稀土供应链通常包括采矿、分离、精炼、合金炼制和产品制造。对于美国而言,稀土开发的主要问题在于缺乏精炼、合金炼制和产品制造能力。2010年4月,美国政府问责局(Government Accountability Office, GAO)发布报告称<sup>[15]</sup>,美国在稀土开采、分离、氧化物精炼、合金炼制和磁性材料及其他材料制造等方面乏力,在全球供应链中没有地位。相比而言,中国生产了全球95%的稀土原材料、97%的稀土氧化物、90%的稀土金属合金、75%的钕铁硼磁体和60%的钕钴磁体。因此,即使未来美国国内的稀土开采量增大,很多加工和制造仍然可能在中国进行。其中的关键原因在于,尽管很多专家能够预测哪些稀土矿很快会被开采出来,但是,哪些下游产能正在建设或将被建设以及何时建成仍然未知。

### 2.4 科研水平全球领先

尽管美国的稀土产业存在以上问题或风险,但是,从稀土研究的主要力量分布和研究水平来看,美国在全球处于领先地位。以SCIE数据库中

2008—2012年间与稀土研究相关论文(文献类型包括研究论文(Article)、研究综述(Review)和学术会议论文(Proceeding paper))为数据集所进行的文献计量分析表明<sup>[16]</sup>,虽然中国和美国的发文量相差不多,但是美国的整体研究水平明显高于中国。这为美国日后开展研发、资源评估、勘探及开发等提供了坚实基础。

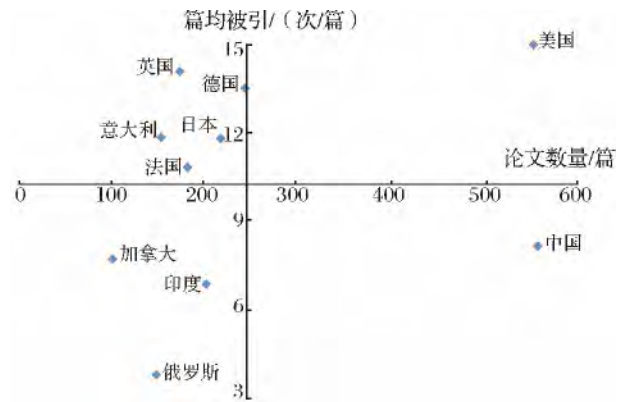


图3 2008—2012年开展稀土研究的主要国家研究力量比较<sup>[16]</sup>

## 3 美国的稀土政策选择

2011年春季,美国第112届国会召开了有关稀土元素和关键材料的听证会,2013年春季,美国第113届国会召开了有关稀土元素和关键材料立法的听证会。从这2次会议结果以及其他相关信息来看,以下方面将可能是美国未来主要的政策选择。

### 3.1 研发新技术

美国能源部(DOE)和麻省理工学院(MIT)等机构的专家认为,研发投入对于新技术的出现和发展具有重要作用,相关技术可以解决3个方面的主要问题:稀土材料利用效率的提升、稀土替代品开发以及稀土元素的回收。目前,美国能源部已经开始进行一些少量投资活动,更大规模的研发投入正在讨论之中。

另外,在研发方面,也可能推动高钍(具有放射性)独居石矿床(20世纪90年代该类稀土矿一度曾被市场放弃)的开发,其中的稀土元素能够以副产品的形式被开发出来。

### 3.2 授权并资助 USGS 进行全球稀土资源评估

根据USGS的分析,全球目前进行稀土勘查和研究的项目约有150多个,其中大部分始于近2年。一般而言,矿产资源的定量评估是新储量、新资

源发现的重要依赖所在,但是,全球目前没有一个国家对稀土矿开展过定量评估<sup>[3]</sup>。过去50年中,在中国之外的其他地方,也几乎没有任何稀土勘探活动和矿山开发项目。因此,当前还不能对未来全球稀土的发现和开发步伐做出评估。所以,美国国会可以授权并资助USGS对全球的稀土矿床进行综合评估,以发现经济可采的稀土矿(以主要产品或共同产品的形式被开发),以及那些能够以副产品形式被开发的稀土矿。

### 3.3 支持并鼓励稀土矿的勘探

支持并鼓励对美国、澳大利亚、非洲和加拿大的稀土矿床的大力勘探是美国国际战略的一个重要组成部分。目前,全球只有少数几个公司能够提供稀土的勘探和开发技术。这些公司主要位于加拿大、澳大利亚、中国、南非以及美国,未来它们可能组建合资企业或其他类型的联盟来对全球的稀土资源进行勘探和开发。

### 3.4 建立储备

美国很多行业和政府部门都提出政策建议,认为应该建立政府控制的非国防性质的经济储备,或者私人部门储备。通常来讲,储备和储备的释放会对价格和供应产生影响,但是却会在正常供给受到影响时,保证稀土氧化物和稀土金属的供应。但进一步来看,经济储备却面临着成本和风险2个方面的压力,因为价格和技术可能改变经济对稀土的需求量及需求结构。

目前,美国国防部(DOD)正在联合USGS开展研究,以确定对哪些稀土元素进行国防储备。国防储备通常以3年的战争情景来进行储备,1998年美国国防储备中心(NDSC)曾将储备的一些稀土元素出售。现在的关键问题在于,稀土供应链中的哪些材料应该被储备,举例来说,储备稀土氧化物还是磁铁合金或者是一些稀土产品。

## 4 未来趋势

美国当前的政策选择旨在推动充足、稳定且可靠的稀土供应,其特别强调稀土材料的国内供应以及私营部门对这些材料的生产 and 加工。短期来看,美国的稀土自给能力将快速得到增强。2013年,美国国内对进口稀土的消费量为10 500 t,高于2012年的5 770 t和2011年的7 790 t。但是,随着Mountain Pass开采项目的完成,其稀土氧化物年产

能将达到1.5万t,同时,在市场状况允许的情况下,Molycorp公司有可能在Mountain Pass新增2万t的产能。长远来看,随着其他项目的投产(大约需要5~10年时间),全球稀土储量及未发现资源将足以满足各种需求。

### 参考文献:

- [1] 韩玥,郭明强,田兆墨.稀土元素在国民经济发展中的应用[J].中国矿业,2011,20(增):46-50.
- [2] 陈秀法,张振芳,王靓靓,等.全球稀土资源供需及资源潜力分析[J].中国矿业,2013,22(12):1-5.
- [3] 程潇黎.浅析我国稀土安全及安全战略[D].北京:中国地质大学,2006.
- [4] 张燕,赵培松,傅圣涛,等.江苏甘家巷铅锌矿区稀土元素地球化学特征及指示意义[J].黄金科学技术,2014,22(3):15-22.
- [5] 闫包成,安忠梅,郝茂,等.我国稀土产业可持续发展的战略思考[J].开发研究,2011(2):43-46.
- [6] 孟振华,李俊斌,郭永权,等.稀土元素的价电子结构和熔点、结合能的关联性[J].物理学报,2012,61(10):362-369.
- [7] USGS.The principal rare earth elements deposits of the united states-A summary of domestic deposits and a global Perspective[EB/OL].(2010-11-08).<http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5220>.
- [8] USGS. Mineral commodity summaries 2014[EB/OL].(2014-03-07).<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2014/mcs2014.pdf>.
- [9] Du X Y, Graedel T E. Global in-use stocks of the rare earth elements: A first estimate [J]. Environmental Science and Technology, 2011, 45(9): 4096-4101.
- [10] Humphries M. Rare earth elements: The global supply chain[EB/OL].(2013-12-17).<http://www.fas.org/spp/crs/natsec/R41347.pdf>.
- [11] USGS. Mineral commodity summaries 2012[EB/OL].(2012-01-24).<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2012/mcs2012.pdf>.
- [12] USGS. Mineral commodity summaries 2013[EB/OL].(2013-01-29).<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2013.pdf>.
- [13] 赵纪东. 稀土逼出各国“土政策”[N]. 科学新闻, 2011, (3): 70-73.
- [14] 陈占恒. 后WTO时代中国稀土供应与需求分析[J]. 新材料产业, 2014(1): 53-56.
- [15] U. S. Government Accountability Office. Rare Earth Materials in the Defense Supply Chain[EB/OL].(2010-09-16).

<http://www.gao.gov/assets/100/96654.pdf>.

[16] 赵纪东.基于文献计量的国际稀土资源基础研究产出对

比[EB/OL].(2014-8-20).<http://www.llas.cas.cn/kxjckbzb/>

/dqkxjz/201412/P020141215641169120304.pdf.

## Rare Earths Industry Status and Policy Options for America

ZHAO Jidong ZHANG Zhiqiang ZHENG Junwei

Lanzhou Library of Chinese Academy of Sciences Lanzhou 730000 Gansu China

**Abstract:** Rare earth elements (REE) have a wide range of applications from daily life to high-tech fields, so it is regarded as a strategic resource in many countries. In recent years, the United States and other countries generated dissatisfaction on China's rare-earth policy because of their high dependence on Chinese rare earth, and then China was sued to World Trade Organization (WTO). In this paper, characters and reserves of global rare earths are introduced at first, then rare earths industry status of America are studied. Its production has been ceased for a long time though reserve is abundant, rare earth elements supply is dependent on import and import is highly concentrated on one country, meanwhile, domestic supply chain is also incomplete, but its scientific research is leading the world. Its future possible policy options include: research and develop new technologies, authorize and fund USGS to assess REE resources, support and encourage exploration for REE, establish stockpile. Thus, the US rare earths self-sufficiency will get enhanced quickly, the World's rare earth reserves and undiscovered resources will be sufficient to meet a variety of needs in the future.

**Key words:** rare earths; industry status; strategic resources; policy options

### 纳米金催化研究取得新进展

近日,中国科学院大连化学物理研究所航天催化与新材料研究室王军虎研究团队在纳米金催化研究中取得新进展:在熟知反应机理和材料性质的基础上合理设计开发出以商品化伽马氧化铁( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )为载体的 Au/ $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  催化剂,该催化剂对于 CO 氧化反应展现出超高活性,约为 Au/ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  催化剂活性的 20 倍,显示了明显的载体晶相效应,是目前报道活性最高的催化剂之一。进一步研究表明,该载体晶相效应可以拓展到其它贵金属如 Pt、Rh 等,同时也可拓展到其它遵循 Redox 过程的反应,为催化剂的设计开发提供了新思路。该成果已发表在 ACS catalysis 上。

负载型金催化剂对许多重要反应具有独特的高活性和高选择性,对于影响负载型金催化剂因素的深入研究不仅能帮助改进催化剂配方进而提高

催化剂性能,而且所获得的认识可能对其它负载型贵金属催化剂的制备改进及性能提高具有借鉴与指导作用。该研究组前期研究中发现铁氧化物负载的金催化剂主要遵从金诱导的氧化还原机理(Redox):具有高氧化还原性能的铁氧化物负载的金催化剂具有更高的催化活性。鉴于此,近日该研究组开发出  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  负载的金催化剂。结果表明, Au/ $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  的活性比 Au/ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  高约 20 倍,是目前报道活性最高催化剂之一,显示了明显的载体晶相效应(较之于  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  具有与四氧化三铁( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )相同的反尖晶石结构,从  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  到  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的还原只涉及氧原子(O)的流失而不涉及晶格的重排,因此 Au/ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  催化剂在金诱导下实现了从  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  到  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  的还原低温还原)。

(来源:中国科学院大连化学物理研究所)