

中国稀土资源开发利用现状问题及建议

——以白云鄂博矿南方七省离子型吸附矿冕宁矿为例

朱文杰,张原庆,王玉福

(吉林大学综合信息矿产预测研究所,吉林 长春 130026)

摘要:基于我国稀土储量逐年锐减的趋势,以白云鄂博矿、南方七省离子型吸附矿、冕宁矿为例分析了中国稀土资源的开发利用现状,以及稀土产业存在的核心技术缺乏、产业链纵向发展不足、环境破坏等问题。为此,我国应加强专业人才的培养,增强合作交流;健全管理体系,明确管理职责;走环境为主,合理开发利用资源的可持续发展之路。并对我国稀土资源的发展方向提出了对策建议。

关键词:稀土资源;对策研究;发展方向;中国

中图分类号:TD983

文献标识码:A

引文格式:朱文杰,张原庆,王玉福.中国稀土资源开发利用现状问题及建议——以白云鄂博矿南方七省离子型吸附矿冕宁矿为例[J].山东国土资源,2015,31(10):31-35.ZHU Wenjie, ZHANG Yuanqing, WANG Yufu. Present Condition Problems and Suggestions of Development and Utilization of Rare Earth in China——Setting Mianning Deposit which is a Ion Adsorption Deposit in Baiyun'ebo Mine as an Example in Seven Provinces in Southern China[J].Shandong Land and Resources, 2015,31(10):31-35.

0 引言

稀土是镧系元素与钪、钇的总称,其具有独特的物理化学性质,被誉为“工业维生素”和“21世纪的材料”^[1-3]。稀土新材料主要包括稀土永磁材料、发光材料、储氢材料、超导材料等,这些材料广泛应用于航空航天、信息电子、能源、交通、医疗卫生等领域,而且稀土的潜在价值仍在不断发现,据统计,每隔3~5年就有一种稀土新用途问世,近年来平均每4项高新技术发明中就有1项与稀土有关^[4]。美国RNR市场研究机构发布的稀土市场发展趋势研究报告称,2013—2018年,稀土金属市场需求将以9%的复合年增长率增长,到2018年将达到19.2万t REO。由此可见稀土资源是重要的国家战略资源和高科技材料。

数据显示,1958年中国的稀土储量占到全球探明储量的90%,在1994—2001年期间这一份额迅速下降到43%,在2002—2011年期间又进一步下降到36%左右^[5],国务院新闻办2012年发布《中国的稀

土状况与政策》白皮书显示,我国的稀土储量已降为约占世界总储量的23%。稀土储量的急剧下降为中国的稀土战略带来巨大压力,认清当前中国稀土资源的现状及问题,合理开发与保护稀土资源迫在眉睫。

1 稀土资源概况

稀土在地壳中含量相对丰富,但是它在世界上的分布极不均匀且已发现的可开采稀土矿比其他矿种相对要少。世界大部分具有经济开采价值的稀土资源主要源自氟碳铈矿和独居石,其余的稀土资源主要是离子吸附型稀土矿、铈铌钙钛矿、磷矿、磷钇矿等。

1.1 世界稀土资源

世界稀土矿主要集中在中国、澳大利亚、美国、俄罗斯、印度、巴西、马来西亚等国家。各国稀土资源独具特色:澳大利亚是独居石的生产大国;美国稀土资源主要有氟碳铈矿、独居石;俄罗斯的稀土储量

收稿日期:2015-05-27;修订日期:2015-07-18;编辑:陶卫卫

作者简介:朱文杰(1990—),男,山东德州人,在读研究生,主要从事矿产资源评价和矿产预测研究;E-mail: zhuwj13@mails.jlu.edu.cn

很大,主要是伴生矿床;印度主要矿床是砂矿;巴西的独居石资源主要集中于东部沿海,2011年在亚马逊发现了一个重要的稀土矿床,到目前为止仍是该国稀土资源的主要来源^[6];马来西亚主要从锡矿的尾矿中回收独居石、磷钇矿和铈钇矿等稀土矿物。

1.2 中国稀土资源

中国稀土资源成矿条件十分有利、分布面广,储量及产量均居世界首位,主要有白云鄂博矿、山东微山矿、四川冕宁矿、南方离子型矿等。稀土资源的主要特征有^[7]:①在地理区域上呈现“北轻南重”的格局;②矿床分布广,但储量相对集中;③矿床类型齐全;④共、伴生矿床多,具有综合利用价值。

2 中国稀土资源开发利用现状

2.1 传统老矿区

我国的稀土产业按照资源赋存及生产状况分为三大基地:以白云鄂博稀土为原料的北方生产基地、以南方七省的离子型稀土矿为原料的中重稀土生产基地、以四川冕宁地区稀土为原料的氟碳铈矿生产基地。

白云鄂博是世界最大的稀土、铁、铈等多金属共生矿,分主矿、东矿和西矿3个矿体。白云岩中铈的矿化比较均匀,但铈矿物结构复杂,可选性较差,而稀土矿化不均匀,西矿最低为1.44%左右,主、东矿最高,平均为3.50%左右,并且含量向深部有增高趋势^[8-9]。白云鄂博矿目前开采的稀土资源主要分为2部分^[10]:一部分伴生在铁矿石中,随铁矿石输送到包钢选矿厂,采用1粗2精开路浮稀土流程,浮选矿浆pH=8.5左右,矿浆浓度62%左右,浮选温度为70℃,得到品位50%,回收率55.03%的稀土精矿^[11];另一部分是与铁矿体共生的稀土矿,这部分稀土矿未得到回收,在生产剥离环节中存在专设的堆置场进行保护。白云鄂博稀土矿区已实现全封闭管理^[12],并加大力度解决精矿焙烧和皂化分离所产生的污染,以白云鄂博矿为主体整合后的北方稀土必会在提升开采、冶炼水平,保护和合理利用资源等方面取得新的突破。

离子型吸附型稀土是我国南方特有的中重稀土资源,主要分布在江西、广西、广东、湖南等南方七省。离子型稀土矿矿床厚度一般为8~10 m,矿石主要由粘土类矿物、石英和长石等组成,稀土元素以水

合或羟基水合阳离子的状态赋存在风化的粘土矿物中,其稀土品位一般在0.05%~0.3%(REO)之间^[13-14]。目前应用效果最好的稀土浸出工艺是以硫酸铵为浸取剂的原地浸出工艺,其资源利用率可达75%以上,但不足之处是浸取剂中的氯化物易造成对土壤的污染,近期实验表明以柠檬酸盐^[15]或镁盐^[16]为浸取剂的效果更好,有一定的发展前景。中和水解除杂-碳酸氢铵沉淀法兼具环保性与经济性,是从离子型稀土矿浸取液中分离稀土的主要方法^[17]。

四川稀土矿产资源集中于攀西地区,构成一个南北长约300 km的稀土资源集中区,主要矿床有牦牛坪、大陆槽和木洛等,其中以冕宁县的牦牛坪稀土矿床规模最大。牦牛坪稀土矿中镧、铈、镨、钕轻稀土占98%以上,主要工业矿石是氟碳铈矿,其次为氟碳钙铈矿,硅铈铈矿等^[18]。氟碳铈矿结晶粒度粗细不匀,一般为0.1 mm左右,伴生矿物有重晶石、石英、萤石等,矿床平均品位为1.07%~5.77%,现主要采用重选—浮选流程获得含稀土为63%~69%的高品位稀土精矿,稀土回收率达到40.8%~69%。熊文良等^[19]通过采用预先脱泥的浮选工艺流程获得REO含量为62.10%,REO回收率为86.98%的实验室指标,具有良好应用前景。在稀土整合大潮中,四川江铜参与组建南方稀土集团,整合后的企业资源控制力加强,市场影响力更大,为该地稀土产业的发展创造了良好的契机。

2.2 开发新矿区

近几年,稀土资源的研究与勘查工作也在持续的进行,一些新的稀土矿资源被逐步勘测发现。如广西2011年勘查发现新增稀土资源量12.7万t;2013年,其平南县上龙-马安肚稀土矿相差项目初步提交2个大型稀土矿。2012年中央地勘基金探获福建新罗区万安、永安市小陶和江西赣县谢工坑、定南县龙塘等4个稀土矿项目,稀土矿资源量共47.6万t。河南省核工业地质局承担的地质勘查基金项目,经过1年多的野外工作,发现省内首个中型稀土矿床,改写了在东秦岭特别是河南省境内没有中型稀土矿床的历史。2014年,“海洋六号”航程3万多千米,初步圈定了深海稀土成矿远景区,并对深海沉积物稀土资源分布与成矿规律等问题进行了探讨,标志着中国深海稀土探矿迈出了坚实的一步。

陆-海结合探矿标志着我国稀土探矿技术已有

了长足进步,同时新矿区的发现充实了我国稀土资源量,缓解了稀土资源储量急剧下降的压力,对于我国稀土资源的战略应用具有重要的意义。

3 稀土产业存在的问题

2011年,工信部提出组建“1+5”大型稀土集团的方案,至2014年底6家大型稀土企业集团的组建实施方案均获批,意味着稀土企业的兼并重组进入正式实施阶段。稀土企业的整合在一定程度上解决了粗放式开采造成的乱采乱挖、资源浪费、管理混乱、黑色产业链泛滥等问题,但行业内仍存在亟需解决的问题。

3.1 核心技术缺乏

中国是最大的稀土生产国,也是最大稀土消费国,但由于我国早期主要注重于稀土的分离和冶炼技术,而忽视了后端的应用研究,致使在稀土新材料的开发应用方面落后于日、美等国家,长期处于产业链低端,缺乏定价话语权,稀土的价格越来越受到主要进口国的压制。中国目前的应用研究主要处于模仿跟踪状态,跟随多,创新少,同时由于技术的缘故,我国研发后的转化能力亦需要提高。比如杨应昌教授最先发现Sm-Fe-N系间隙型稀土永磁体并进行开发应用,但日本TDK公司却早已批量生产Sm-Fe-N粘结磁体^[20]。

国内稀土市场以低端需求为主,海外市场以中高端需求为主,竞争格局更加良性且稳定,但需专利授权才能进入,而在专利方面,中国亦落后于日本、欧美等国家。我国申请的稀土专利中非职务申请专利多、实用新型多,企业专利少,产业化率低^[21-22],同时中国企业相互之间缺乏专利交叉共享,使企业竞争力大大下降。以钕铁硼为例,我国钕铁硼产量8万t左右,其中有专利许可的产量约2万t,国内市场消化3~4万t,还有2~3万t出口需要专利的许可。获得专利许可的企业也同样付出了高昂的代价,如2012年上半年中科三环支付的专利使用费达2526万元,占其净利润总额的5.5%,同样,宁波韵升在2012上半年的专利使用费高达252万元^[23]。资源是基础,技术是关键,开发具有自主知识产权的应用技术,是发展中国稀土产业的首要问题。

3.2 上下游产业发展不均衡

中国稀土产业大致包括上游开采、冶炼分离,下

游功能材料生产和应用。长时间以来,我国稀土原料生产与终端应用各成体系,一方面上游企业对下游需求比较模糊,很难为应用创造条件;另一方面,下游应用领域对稀土原料知之较少,缺乏产品应用的主动性,这一差错之间,稀土的应用范围及数量大为减少^[24]。因此在稀土价值链中的高端环节受制于国外,大多数是进行较低技术含量的开发,对于稀土资源的需求有限,同时近几年稀土价格波动频繁,造成下游客户不敢用或用不起稀土原料,很多企业开始选择停用或者少用稀土,甚至出现了稀土永磁体替代技术、减量技术、稀土抛光粉重复利用策略等,进而抑制了稀土消费,也制约了稀土生产。

我国稀土冶炼分离生产技术成熟,产能增加迅速,而下游应用发展缓慢,对稀土的消化量较少,从而在一定程度上造成了稀土资源的过剩,促进产业均衡发展已成为中国稀土行业的当务之急。

3.3 生态环境破坏严重

稀土矿开采、分离、选冶的环境代价巨大。氟碳铈矿和独居石多采用露天开采的方式,对地表植被造成一定破坏,同时矿石的分离和冶炼过程产生的废气及尾矿堆放会对环境造成了严重污染。如白云鄂博稀土矿每处理1t稀土矿约产生 $6 \times 10^7 \text{ m}^3$ 的焙烧废气,其中含有氟化物、 SO_2 和硫酸酸雾等有害气体^[25],仅包钢一家企业目前1.8亿t的尾矿占地已达十多平方千米,而托牛坪矿区的尾矿、弃渣规模可达 $1.77 \times 10^7 \text{ m}^3$ ^[26],同时废渣中的放射性核素易造成局部大气二次放射性污染。南方离子矿多采用原地浸析开采工艺,可有效保存大部分地表植被,但浸矿剂容易进入地下水和土壤中,造成水体和土壤中长时间的金属离子和氨氮超标,影响表层植被生长,同时地表以下因浸矿剂的侵蚀,土壤结构也变得更加松弛,原有的山体重力平衡被打破,存在严重的地质灾害隐患^[27]。

生态环境一旦破坏,其修复工作花费更加巨大,据悉赣州累计开采稀土25万t,但留下的废弃矿山需要70年的时间来治理,费用将达到380亿元,代价触目惊心^[28-29]。如何处理好开采与环境保护的关系是稀土行业必须要面对的一大难题。

4 促进稀土产业发展的建议

4.1 重视人才培养加强合作共享

稀土资源的真正价值在于它应用后产生的巨大的二次效益,而这正是我国欠缺的地方。为此:①建立科学研究与高等教育紧密结合的知识创新体系,丰富专业技术人员的知识结构,培养高精尖人才,让科学理论走在技术和生产的前面,为技术和生产发展开辟新的道路。②加强稀土基础研究领域的原始性创新,建立以企业为主体、产学研结合的技术创新体系,集中科研资金与技术力量突破一批关键技术,研发具有我国自主创新知识产权的专利技术,突破国外专利壁垒,抢占技术制高点。③加强国际间的科技合作与交流,利用资源优势,通过资源出资入股或技术与资源互换等形式引进并共享其科研成果,在其基础上进行消化吸收,并根据技术的发展趋势进行二次开发,进而申请核心专利。最后,促进企业间专利与技术共享。俗话说:“攘外必先安内”,国内企业之间应减少恶性竞争,建立企业间的稀土信息共享服务平台,分享先进的技术与企业持有的自主专利,共同促进中国稀土产业的进步。

4.2 延伸和拓展产业链加速上下游对接

我国稀土下游产品结构单一,抗风险能力较差。促进下游产业发展,首先要以市场需求主导逐渐渗入稀土应用未开发或开发力度不足的领域,拓展产业链厚度,同时注重有效延长产业链,努力改善产品结构,促进资源产品结构的优化和升级,提升产品的科技含量和附加值,使产业链向精、优、尖方向发展。其次,要注重上下游产业的对接。加强上下游产业联动互促,使上游企业能够进入到利润更为丰厚的下游领域,而下游则可以获得原材料供应保证以及相对合适的原材料价格,这样可有效避免市场波动对下游应用的损害,从而保证下游企业稳步发展。最后,调整产业政策,将相关研发基金和重点项目的设立向稀土深加工应用领域倾斜,同时简化研发成果产业化流程,加速其应用投产,国家还可给予下游应用企业税收优惠、财政补贴、出口优惠等政策,促使其快速发展,早日实现由资源优势到产业优势直到经济优势的转变。

4.3 合理利用资源强化政策力度

环保问题越来越得到大家重视,牺牲环境来发展稀土行业是万万走不通的,为处理好资源开发与环境保护的关系,首先要加强技术改造,提高稀土矿

产回收率,研发高效清洁的浮选剂,推行低污染的绿色工艺技术,从源头上控制环境污染与生态破坏。其次要促进资源的循环利用与综合利用,将稀土选冶分离产生的氨氮废水、氯化镁废水等排放物与合成氨化工、硫酸及化肥等行业紧密相连,达到循环利用,同时稀土尾矿具有较大利用价值,可以为原料生产玻璃材料、陶瓷等,而对于废弃的稀土材料可进行稀土资源回收再利用,如失效的汽车催化剂,废弃稀土抛光粉等,从而达到回收资源与减少污染的双重目的。最后应进一步完善和实施更加有针对性的稀土法律法规^[30],如对于离子型稀土和氟碳铈出台不同的、符合其类型特点的稀土管理条例和企业生产经营管理办法,同时要强化政策执行力度,提高政策执行的绩效,提高各类政策的协调性。

4.4 明确管理职能健全管理体系

目前我国稀土行业监管部门较多、权责不明,机构职能不能统一高效的管理,致使稀土乱象依然很严重。为此,首先要明确不同监管部门的监管职责,细化和量化具体的职责,采用问责制,严惩职责内监管不足的部门,从而形成一套合理有效的监管系统。其次要明确中央政府与地方政府的权利与责任,相互之间做到“不越位”、“不缺位”,避免多头领导,共同保障政策的执行力度及时到位。最后要创新机制,健全制度,强化地方政府和监管部门联动,通过统一规划、协调行动、严查严打、区域联动,推动区域内稀土资源产业经济协调规范。

5 结语

中国稀土在国际上的地位依旧不可替代,但资源储量的锐减再次敲响了警钟,因此要清醒地认识到行业内存在的问题,并去积极解决。南方稀土集团的挂牌成立预示着稀土企业的整合进入正式实施阶段,表明了国家对稀土行业的重视及对行业整治的决心。稀土企业的整合有望扭转稀土行业长期存在的“多、小、散、乱”的格局,将资源开发纳入到合理有序可监管范围内,优化资本结构,构建更加高效的产业结构^[31]。稀土行业发展形势渐好,但可预见的是稀土行业整合及整合后的历程都不会一帆风顺,一方面六大稀土集团的整合均为跨区域、跨所有制整合,解决整合后的管理及整合后地方政府要扮演的角色是一大难题,另一方面要面临企业内部及

企业与地方政府、关停企业的利益分配问题,以及整合涉及到的矿山、土地、人员安置等一系列的社会问题。2015年稀土出口配额和出口关税的相继取消更增加了来自国际方面的机遇与挑战,中国稀土行业发展之路依旧任重而道远。

参考文献:

- [1] 熊家齐.关于稀土产业的某些思考[J].稀土,2002,23(1):72-78.
- [2] 任忠宝,余良晖.稀土资源储备刻不容缓[J].地球学报,2011,32(4):507-512.
- [3] 钱九红,李国平.中国稀土产业的发展现状[J].稀有金属,2003,27(6):813-818.
- [4] 肖勇,韩胜利.国内稀土产业发展不对称现象初探[J].稀土,2013,34(1):98-102.
- [5] 田阿萌,涂恬.稀土出口关税取消:中国捍卫全球话语权[EB/OL].http://caijing.chinadaily.com.cn/2015-04/29/content_20577119.htm,2015-4-29.
- [6] 于佳欣.2013年世界八大稀土生产国情况[J].稀土信息,2014,(6):35.
- [7] 刘国平,胡朋,邵胜军,等.中国稀土资源在全球地位的评估[J].世界有色金属,2011(12):26-29.
- [8] 高海洲.白云鄂博矿区稀土稀有矿产资源综合评述(一)[J].包钢科技,2009,35(5):1-6.
- [9] 郭财胜,李梅,柳召刚,等.白云鄂博稀土、铌资源综合利用现状及新思路[J].稀土,2014,35(1):96-100.
- [10] 赵增祺.关于如何保护和利用好我国白云鄂博稀土矿资源的建议与思考[J].稀土信息,2011,(5):5-7.
- [11] 王介良,曹钊,李解,等.包钢稀土选矿厂稀土浮选药剂优化[J].金属矿山,2013,(11):74-76,80.
- [12] 包宣.白云鄂博稀土矿区实现全封闭管理[J].西部资源,2014,(1):32.
- [13] Huang Xiao-wei, Long Zhi-qi, Li Hong-we, et al. Development of rare earth hydrometallurgy technology in China[J]. Journal of Rare Earths, 2005, 23(1): 1-4.
- [14] 周晓文,温德新,罗仙平.南方离子型稀土矿提取技术研究现状及展望[J].有色金属科学与工程,2012,3(6):81-85.

- [15] 李琼,何正艳,张臻悦,等.柠檬酸盐配位浸出风化壳淋积型稀土矿回收稀土的研究[J].稀土,2015,36(1):18-22.
- [16] 肖燕飞,黄小卫,冯宗玉,等.镁盐浸出离子吸附型稀土矿的环境影响评价及展望[J].中国稀土学报,2015,33(1):1-9.
- [17] 罗仙平,翁存建,徐晶,等.离子型稀土矿开发技术研究进展及发展方向[J].金属矿山,2014,(6):83-90.
- [18] 程建忠.中国稀土资源开采现状及发展趋势[J].稀土,2010,31(2):65-69,85.
- [19] 熊文良,陈炳炎.四川冕宁稀土矿选矿试验研究[J].稀土,2009,30(3):89-92.
- [20] Wang Xingji, Wan Ying, Lu Guanzhong. Effect of lanthanum on methaold fuel exhaust deep oxidation over palladium catalyst[J]. Journal of Rare Earths, 2003, 21(1): 46.
- [21] 陶春.中日稀土资源战略比较研究[J].中共中央党校学报,2011,15(1):37-40.
- [22] 万勇,马廷灿,冯瑞华,等.稀土相关专利分析[J].稀土,2012,33(3):98-102.
- [23] 刘思德,赵文静.中国钕铁硼企业何时能扬帆远航——关于中国钕铁硼企业专利困境的思考[J].稀土信息,2014,(11):10-13.
- [24] 本刊评论员.加大稀土应用,力促产业发展均衡[J].稀土信息,2014,(5):1.
- [25] MA Yuhui, KUANG Linglin, HE Xiao, et al. Effects of rare earth oxide nanoparticles on root elongation of plants[J]. Chemosphere, 2010, 78(3): 273-279.
- [26] 沈波,马东涛.耗牛坪稀土矿矿山地质环境问题及治理[J].中国矿业,2012,21(5):67-70.
- [27] 蔡奇英,刘以珍,管毕财.南方离子型稀土矿的环境问题及生态重建途径[J].国土与自然资源研究,2013,(5):52-54.
- [28] 王珍.中国稀土资源开发和环境保护问题研究[J].浙江工业大学学报(社会科学版),2015,14(1):13-17.
- [29] 杨立群,王奎庭.赣州稀土调查续:多方利益交织开采保护两难[N].中国环境报,2012-05-09.
- [30] 廖建求,邓敏.稀土资源保护法律与政策的缺陷分析[J].国土资源科技管理,2013,30(1):121-127.
- [31] 王春笋,贾甜甜,康泰玮.专题:中国稀土企业新格局—图解中国稀土大集团重组[EB/OL].<http://www.cre.net/show.php?contentid=118516>,2015-3-20.

Present Condition Problems and Suggestions of Development and Utilization of Rare Earth in China

——Setting Mianning Deposit which is a Ion Adsorption Deposit in Baiyun'ebo Mine as an Example in Seven Provinces in Southern China

ZHU Wenjie, ZHANG Yuanqing, WANG Yufu

(Mineral Resources Prospection Institute of Jilin University, Jilin Changchun 130026, China)

Abstract: Based on the decreasing trend of rare earth reserves year by year in China, setting Baiyun'ebo deposit, ion adsorption deposit in seven provinces in southern China and Mianning deposit as examples, present condition of the

development and utilization of rare earth resources in China, the lack of core technologies, insufficient development longitudinal direction in industrial chain and environmental damage have been analyzed. It is regarded that cultivation of professional talents should be enhanced, cooperation and exchange should be strengthened, management system should be improved and management responsibilities should be determined. Sustainable development and reasonable exploration of mineral resources should be carried out to protect the environment. The development direction of rare earth resources in China has been discussed as well.

Key words: Rare earth resources; utilization; countermeasures; development direction; China