中国稀土矿产资源现状及其可持续发展对策

季根源[1,2]，张洪平[3]，李秋玲[2]，夏浩东[2]
（1. 中国地质科学院矿产资源研究所，北京 100037；
2. 国土资源实物地质资料中心，河北 三河 065201；
3. 四川省地质矿产勘查开发局化探队，四川 德阳 618000）

摘　要：稀土已成为 21 世纪国民经济、国防工业、高新技术等诸多领域不可或缺的战略性矿产资源。中国稀土资源丰富，类型齐全，分布范围广且相对集中，资源储量、年产量、出口量、消费量均长期占据世界第一位，但也存在着可采储量增长缓慢、资源消耗过快、出口依存度高、环境破坏、稀土综合回收利用不高、科技创新不足和价格偏低等问题。本文从可持续发展的角度出发对我国稀土资源的开发利用提出了优化产业结构、加大科研投入、加强出口管理、建立战略储备、促进境外勘查和入库稀土实物地质资料等建议。

关键词：稀土资源；开发利用；可持续发展
中图分类号：F407.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1004-4051(2018)08-0009-08

Current status of rare earth resources in China and strategies for its sustainable development

JI Genyuan[1,2], ZHANG Hongping[3], LI Qiuling[2], XIA Haodong[2]
(1. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;
2. Cores and Samples Center of Land and Resources, China Geological Survey, Sanhe 065201, China;
3. Geochemistry Exploration Brigade, Sichuan Bureau of Exploration and Development of Geology and Minerals Resources, Deyang 618000, China)

Abstract: In the 21st century, rare earth, as a kind of strategic mineral resources, has become indispensable in the economy, industry of national defense, as well as high technology. China is rich in rare earth resources, with a complete range of types, which are widely dispersed in relatively concentrated areas. China ranks the first in the world for a long time in its reserves, annual outputs, export volumes and consumptions of rare earth resources. However, such problems still exist as the slow growth of recoverable reserves, excessive consumption, high dependence on exports, environmental damage, low comprehensive utilization of rare earth resources, as well as inadequate scientific and technological innovation and low prices. In this paper, the authors proposed some strategies to promote a healthy and sustainable development and utilization of rare earth resources through optimizing the industrial structure, increasing investment in scientific research, strengthening export management, building a strategic reserve, promoting overseas exploration and preserving the cores and samples.

Keywords: rare earth resource; development and utilization; sustainable development

稀土(REE)是稀土元素或稀土金属的简称，包括镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钜(Pm)、钐(Sm)、铕(Eu)、钆(Gd)、铽(Tb)、镝(Dy)、钬(Ho)、铒(Er)、铥(Tm)、镱(Yb)、镥(Lu)、钇(Y)、钪(Sc)。

收稿日期：2017-11-24　　**责任编辑**：刘艳敏
基金项目：中国地质调查局科研项目“整装勘查区 1∶5 万矿产地质调查实物资料应用与服务”资助(编号：DD20160051)
第一作者简介：季根源(1987－)，男，硕士，工程师，2013 年毕业于中南大学，从事地质矿产勘查及实物地质资料管理工作，E-mail：csujigenyuan@163.com。
通信作者简介：夏浩东(1968－)，男，高级工程师，从事地质矿产勘查及实物地质资料管理工作，E-mail：251487342@qq.com。
引用格式：季根源，张洪平，李秋玲，等. 中国稀土矿产资源现状及其可持续发展对策[J]. 中国矿业，2018，27(8)：9-16. doi：10.12075/j.issn.1004-4051.2018.08.011

国土资源实物地质资料中心

通常可分为两组：铈组稀土元素或轻稀土元素（镧、铈、镨、钕、钷、钐、铕），钇组稀土元素或重稀土元素（钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镥、钇）。现今，稀土已在农业、国防军工、冶金工业、石油化工、玻璃陶瓷、电子、高新材料等13个领域的40多个行业中取得了广泛的应用。随着科学技术的不断发展和稀土新材料的不断研发，稀土已成为当今世界各国改造传统工业、发展高新产业和国防尖端技术不可或缺的战略资源[1]。

中国的稀土利用始于20世纪60年代在铸铁、钢材中的应用，现今已初步建成稀土开采、冶炼加工和市场应用的整套体系[2]。中国已探明的稀土储量在全球最为丰富，稀土的品种、质量、产量和出口量常均居世界首位[3-4]，对于全球稀土供应，发挥了至关重要的作用。中国是稀土大国，对稀土的相关研究、开发利用于全球稀土发展进步都起到了推动作用，然而我国稀土资源在开发利用中存在着环境破坏、工艺落后、产品科技含量低、出口过多、价格偏低、乱采滥挖等诸多严峻的问题。如何改变中国稀土矿产资源开发利用中存在的问题，使得我国从稀土生产、消费大国向稀土应用强国转变，是值得共同探讨、努力解决的问题。

1 中国稀土矿产资源概况

1.1 稀土矿产资源分布情况

中国稀土矿产分布范围广且相对集中，据统计，目前国内有22个省（区）发现有上千处稀土矿床/矿（化）点，其中内蒙古包头、赣南、粤北、四川凉山为稀土资源集中产出区，稀土资源量共占全国总量的98%。袁忠信等结合稀土成矿作用及大地构造发展阶段，认为中国稀土主要分布在6个稀土矿集区：①华北陆块北缘西段白云鄂博陆缘坳陷带原生矿矿集区，区内有著名的内蒙古白云鄂博REE-Nb-Fe矿；②扬子陆块康滇隆起西缘陆缘坳陷带原生矿矿集区，含四川冕宁-德昌稀土成矿带；③扬子陆块洞庭断陷砂矿矿集区，包含湖北竹山庙垭，湖南湘阴望湘、通城隽水等稀土矿；④华南造山系南岭造山带风化壳离子吸附型稀土矿矿集区，典型矿床有南方七省（区）（江西、广东、广西、福建、湖南、云南、浙江）的离子吸附型（又称风化壳淋积型）稀土矿，江西寻乌河岭稀土矿，江西信丰安息稀土矿，江西龙南足洞稀土矿等；⑤华南造山系云开隆起砂矿、风化壳离子吸附型稀土矿矿集区，典型矿床有广西贺县姑婆山稀土矿、广西贺县“725”稀土矿；⑥东南沿海海滨砂矿矿集区，包括广东、福建、广西、湖南、海南、台湾等地发育海滨独居石-锆石-钛铁矿砂矿型稀土矿[5-7]。

中国稀土资源潜力巨大，除上述6个稀土矿集区外，其他成矿远景区有：①华北陆块辽吉裂谷带成矿远景区，区内元古宙沉积变质稀土矿床产出希望大；②华北陆块鲁西断隆成矿远景区，典型矿床有郗山稀土矿、龙宝山稀土矿，区内碱性岩、碳酸岩、金伯利岩是重要的稀土矿源岩；③东南沿海海滨砂矿矿集区，区内蕴藏着丰富的独居石、磷钇矿等富稀土元素矿物；④贵州、河南、山西等地石炭-二叠系黏土岩、含铝黏土岩中出现高含量稀土，这些稀土高含量地层是潜在的稀土资源产地；⑤扬子陆块上扬子坳褶带成矿远景区，区内寒武系底部产出稀土磷矿床，典型矿床有贵州织金新华含稀土磷矿[7]。

刘健等[8]、邹君宇等[9]认为中国稀土资源品质优，著名的内蒙古白云鄂博地区轻稀土资源储量约占全球轻稀土总储量的70%，共伴生元素多、综合利用价值高。南方七省（区）离子型中重稀土资源量占世界中重稀土资源总量的90%，且品位高、易开采、成本低、价值高，非常珍贵。

截至2016年，中国稀土资源储量达4 400万t（REO），约占全球的36.7%，居世界第一，但储量与产量不均衡发展制约了我国稀土产业的可持续发展。美国地质调查局（USGS）《1997—2017年矿产概要》数据显示：1996年中国稀土资源储量为4 300万t，占全球89.6%；2016年我国稀土资源储量4 400万t，占全球36.7%[4]。与此同时，中国稀土矿产品年产量却大幅上升，1996年产量为5.5万t，占全球年产量的64.9%；2016年产量10.5万t，占全球年产量的83.4%。国内，由于稀土资源大量开采，损耗过快，而稀土资源储量增长缓慢，全球占比大幅度降低；稀土资源年产量却近乎翻了一番，全球占比大幅度提高。

1.2 主要矿床类型及其分布

中国稀土矿床类型齐全，且稀土元素常与稀有元素共生，因此矿床类型的划分以稀有、稀土矿床表示。本文参照前人研究[7,10-12]，根据成矿条件、成矿作用等地质因素，将中国主要的稀土矿床类型划分为9种（表1）。

1）白云鄂博型稀土矿床。内蒙古包头市白云鄂博Fe-Nb-REE矿床是世界著名的超大型多金属矿床，轻稀土储量世界第一，铌储量世界第二，主要含稀土矿物为氟碳铈矿、独居石、氟碳钙铈矿、铌铁矿、烧绿石等。目前国内外学者对其成因类型的划分存在重大分歧，有沉积型或沉积-热液叠加型、火成碳酸岩型、后生热液交代型以及多成因复合型等。

国土资源实物地质资料中心

表 1　中国稀土矿床主要类型典型矿床

矿床名称	矿床类型	矿床亚类	主要矿物组合	典型矿床
内生矿床	白云鄂博型		氟碳铈矿、独居石、氟碳钙铈矿、铌铁矿、烧绿石等	内蒙古白云鄂博 Fe-Nb-REE 矿
	花岗岩型铌、稀土矿床	酸性花岗岩性	褐帘石、独居石、褐钇铌矿等	广西贺县姑婆山含褐钇铌稀土矿
		碱性花岗岩型	氟碳钙铈矿、兴安石、铌铁矿、独居石、烧绿石等	内蒙古扎鲁特旗巴尔哲铌钽稀土矿
	花岗伟晶岩型		独居石、黑稀土矿、磷钇矿、褐帘石	广东始兴河口山稀土矿
	与碱性正长岩有关的热液脉状型		氟碳铈矿、钛铈矿、褐帘石	四川凉山冕宁牦牛坪、德昌大陆槽稀土矿，山东微山郗山稀土矿
	正长岩-碳酸岩型		独居石、氟碳铈矿、氟碳钙铈矿、烧绿石	湖北竹山庙垭稀土矿
外生矿床	沉积型		独居石、方铈矿	贵州织金县新华含稀土磷矿
	风化壳淋积型			江西龙南县足洞稀土矿、关西稀土矿、大田稀土矿
	残坡积、(河流)冲积及滨海砂矿型	残坡积、(河流)冲积型	独居石、磷钇矿	广东电白电城冲积砂矿
		滨海砂矿型	硅铍钇矿、褐钇铌矿、锆石、独居石、钛铁矿	广东阳西南山海砂矿
变质矿床	变质岩型		独居石、磷钇矿、褐帘石	广东五和稀土矿，辽宁翁泉沟硼铁稀土矿

该矿在世界稀土矿床类型中尤为独特，因此将成矿背景、地质特征、成岩成矿时代、成矿作用等相似的稀土矿床命名为白云鄂博型稀土矿床[8,13]。

2）花岗岩型稀土矿床。与花岗岩有关的岩浆矿床，可细分为酸性花岗岩型稀土矿和碱性花岗岩型稀土矿。酸性花岗岩型稀土矿主要分布在粤北、湘南、赣南和桂东，典型矿床有广西贺县姑婆山含褐钇铌稀土矿，该类型轻稀土主要赋存于褐帘石、独居石中，重稀土主要赋存于褐钇铌矿等矿物中[14]。碱性花岗岩型稀土矿，主要分布在内蒙古东部，典型矿床有内蒙古扎鲁特旗巴尔哲铌钽稀土矿、新疆拜城波孜果尔稀土矿，主要矿物为氟碳钙铈矿、兴安石、铌铁矿、独居石、烧绿石等。

3）花岗伟晶岩型稀土矿床。该类型稀土矿床储量不大，但通常富含丰富的锂、铍、铌、钽等稀有金属，稀土矿物有独居石、黑稀土矿、磷钇矿及褐帘石等，在中国四川、山西、广东、云南、内蒙古、新疆均有发现[11]。

4）与碱性正长岩有关的热液脉状型稀土矿床。国内外主要的独立稀土矿床类型之一，主要分布在四川西部、大兴安岭西侧和东秦岭一带。典型矿床有四川凉山冕宁牦牛坪稀土矿、德昌大陆槽稀土矿和山东微山郗山稀土矿，主要稀土矿物为氟碳铈矿，次为钛铈矿、褐帘石等[15-17]。

5）正长岩-碳酸岩型稀土矿床。此类型稀土矿为稀土矿床主要类型之一，通常含铌等共伴生组分，综合利用价值高。矿石矿物以铈族稀土为主，主要为独居石、氟碳铈矿、氟碳钙铈矿、烧绿石等。典型矿床有湖北竹山庙垭稀土矿[18]。

6）沉积型稀土矿床。目前国内没有发现独立沉积型稀土矿床，一般也没有独立矿物，稀土元素通常赋存于沉积磷矿床、铝土矿床和铁矿床中，主要分布在贵州、内蒙古、云南等地[11-12]。典型矿床有贵州织金新华含稀土磷矿床，矿石矿物有独居石、方铈矿、含稀土胶磷矿等[19]。

7）风化壳淋积型稀土矿床。其又称离子吸附型稀土矿，是中国独有的稀土矿种，稀土元素主要以离子态吸附在风化壳中的高岭石、埃洛石等黏土矿物和白云母、黑云母、水化黑云母和磁铁矿等矿物上[10]。该类型稀土矿品质优、分布广、储量大、易开采，主要分布在我国南方七省(区)，典型矿床有江西龙南足洞稀土矿、关西稀土矿和大田稀土矿[20]。

8）残坡积、(河流)冲积及滨海砂矿。残坡积、(河流)冲积型稀土矿发育在花岗岩、变质岩分布地区，主要分布在华东、中南、滇西南等地区第四系冲积层中，独居石和磷钇矿是主要矿物，典型矿床有广东电白电城冲积砂矿床。滨海砂矿型稀土矿主要分布在广东、海南、台湾等沿海一带，锆石、独居石和钛铁矿是主要矿物，典型矿床有广东阳西南山海砂矿[12]。

9）变质岩型稀土矿床。此类型稀土矿床是变

国土资源实物地质资料中心

质作用为主富集而成的稀土矿床，矿床以含独居石和磷钇矿的混合岩或混合岩化花岗岩为主，常见矿物还有硅铍钇矿、褐钇铌矿、独居石、磷钇矿、褐帘石等，在我国辽宁、广东、内蒙古均有发现，此类矿床经风化作用后可成为残坡积砂矿床。典型矿床有广东五和稀土矿、辽宁翁泉沟硼铁稀土矿、湖北大悟邓家湾稀土矿。

2 中国稀土矿产资源开发利用现状

2.1 稀土储量

截至2016年底，全球稀土矿储量约1.2亿t，主要分布在中国、巴西、俄罗斯、越南、印度、澳大利亚、美国、加拿大等国家，中国稀土资源储量（REO 4 400万t）（表2），保持领先地位，约占全球总储量的36.7%[4]。随着全球稀土资源的不断开发，美国、澳大利亚、加拿大恢复加强稀土的地质勘查工作，以及越南、马来西亚、格陵兰、埃及等稀土新兴国家加大稀土资源找矿力度，我国占世界稀土资源储量比将会呈下降趋势。

2.2 稀土产量

目前全球主要稀土生产国家有中国、澳大利亚、美国、俄罗斯、印度等国家（表3），其中，中国长期作为全球最主要的供应者。1996年我国稀土资源年产量为5.5万t，占全球年产量的64.9%，之后逐年增多；2006年我国开始实施稀土开采总量控制，但国内稀土矿年产量占世界稀土矿年产量的比重一直居高不下，占世界总量的85%以上；2010年我国稀土资源年产量13.0万t，占全球年产量97.8%，为历年来最高；之后略有下降，维持在年产量10.5万t左右；2016年我国稀土资源储量年产量10.5万t，占全球年产量的83.4%[4]。考虑到稀土储量、年产量及稀土矿山采、选、冶水平，我国稀土仅能维持几十年的供应。

表2 2016年全球主要国家稀土储量

国家（地区）	中国	俄罗斯	美国	澳大利亚	印度	巴西	马来西亚	越南	格陵兰	其他	全球
储量（REO）/万t	4 400	1 800	140	340	690	2 200	3	2 200	150	-	12 000

注：其中“-”表示无数据。

资料来源：美国地质调查局（USGS）2017年发布的《Mineral Commodity Summaries》。

表3 2008～2016年全球主要国家稀土年产量

年份	中国（REO）/万t	澳大利亚（REO）/万t	美国（REO）/万t	俄罗斯（REO）/万t	印度（REO）/万t	巴西（REO）/万t	马来西亚（REO）/万t	越南（REO）/万t	泰国（REO）/万t	全球（REO）/万t
2016	10.5	1.4	-	0.3	0.17	0.11	0.03	0.03	0.08	12.6
2015	10.5	1.2	0.59	0.28	0.17	0.088	0.05	0.025	0.076	13.0
2014	10.5	0.8	0.54	0.25	0.3	-	0.024	0.02	0.21	12.3
2013	9.5	0.2	0.55	0.25	0.29	0.033	0.018	0.022	0.08	11.0
2012	10.0	0.32	0.08	0.24	0.29	0.014	0.01	0.022	-	11.0
2011	10.5	0.22	-	-	0.28	0.025	0.028	-	-	11.1
2010	13.0	-	-	-	0.28	0.055	0.003	-	-	13.3
2009	12.9	-	-	-	0.27	0.055	0.035	-	-	13.3
2008	12.0	-	-	-	0.27	0.065	0.038	-	-	12.4

注：其中“-”表示无数据。

资料来源：美国地质调查局（USGS）2009～2017年发布的《Mineral Commodity Summaries》。

2.3 稀土出口

当前中国稀土出口集中在永磁材料、发光材料、储氢材料和抛光粉等低档产品，而高纯度单一的稀土氧化物、高级稀土金属合金等深度加工产品出口量只占出口总量的25%左右[9]。

1996～2006年我国稀土的出口量总体呈上升趋势，2003年达最大值7.35万t，较1996年（出口5万t）增加了47%，出口量占年产量比高达79.9%。后经政府调控稀土出口配额，且受到全球金融危机的影响，2007年始我国稀土出口大幅度下滑，2008年我国稀土出口5.5万t，出口量占年产量比为45.9%[21]。近年来由于国际稀土市场的紧俏，稀土价格攀升，导致我国稀土出口量随之增加，2016年我国出口稀土产品约4.67万t，出口较2015年增长约1.2万t，出口量占年产量比为44.5%[22]。未来几年内，虽然各国加强了稀土资源勘查开发力度，但稀土在高新领域、新材料中的应用不断增长，需求量也在不断增加，预测我国稀土年出口量略有增加，达

国土资源实物地质资料中心

到 5 万 t 左右，出口约占年产量的 50%。

另外，中国稀土出口国相对集中，2016 年中国出口美国数量占出口总额比 30.28%，出口日本数量占比 29.7%，出口荷兰数量占 8.58%[23]，其中美国、日本一直占据我国稀土出口的前两位，因此稀土出口贸易易受到这些国家的制约，不利于我国稀土出口产业的发展。

2.4　稀土消费及其结构

中国是稀土消费大国，长期保持稀土消费世界第一，1990～2012 年期间中国的稀土消费占世界消费比例整体处于上升趋势，其中 2008～2012 年，我国稀土消费占全世界市场的 2/3。2000～2010 年，中国稀土消费速度总体保持快速增长，稀土消费总量由 2000 年的 1.92 万 t 增至 2010 年的 7.7 万 t，为历年来最高值；2010～2012 年，全球经济形势不佳，2012 年国内稀土仍有 6.5 万 t 的消费量[23-25]。

随着中国工业化不断加快发展和经济发展方式的转变，我国稀土消费出现了传统领域下降、新兴领域激增的新局面。2006 年，中国在钢铁和有色金属中的消费量为 10 085 t，占稀土总消费的 16%，其次是石油化工、农业、轻工、纺织等领域；2011 年，中国在生产磁体领域稀土消费量最多，占消费总量的 30%，其次是冶金、石油化工、陶瓷以及农业纺织领域；2013 年永磁材料、液晶抛光材料、储氢材料等新材料领域稀土消费比例为 62.8%，冶金、钢铁、石油化工等传统领域稀土消费比例仅为 37.2%。随着稀土应用的不断发展，中国稀土消费量迅速增加，稀土消费结构从原来的传统领域为主转变为以新材料领域为主[9,23-25]。

2.5　稀土价格

中国稀土资源储量、产量、出口量长期保持世界第一，但美国、日本等西方国家压低我国稀土出口价格，从中国以低价进口稀土，埋至地下，日后用来他用。从 1990 年到 2005 年，中国稀土出口量增长了近 10 倍，可是平均价格却从 1990 年的 14 美元/kg 降至 2005 年的 5.5 美元/kg。2006 年经政府控制稀土产量，减少稀土出口，稀土价格上涨至 17 美元/kg；受 2008 年全球经融危机影响，2009 年稀土价格低至 8.59 美元/kg；2010 年后全球经济复苏，稀土价格快速上涨，2011 年价格高峰达到 26 美元/kg。近年来随着全球稀土勘查开采的繁荣以及新的稀土替代产品的研制与投放，稀土价格波动较大，总体略呈下降趋势，2016 年我国稀土出口均价为 11.42 美元/kg，同比下降 22.65%[9,22,24-25]。

2.6　稀土综合回收利用

我国稀土资源的大量开采导致尾矿堆积量日益增大，2013 年仅四川攀西地区稀土尾矿堆存地就多达 50 多个，富含稀土矿、钼、铅、萤石、重晶石等有用组分的稀土尾矿 1 亿多 t。但我国稀土矿采、选、冶工艺水平低，资源利用率不高，稀土尾矿堆积量巨大且有用矿物成分较高。白云鄂博自开采以来，累计开采稀土量达 1 250 万 t，其中采、选、冶损失 200 万 t，900 万 t 进入尾矿坝内，实际利用的稀土资源仅为 120 万 t，利用率不足 10%；南方七省(区)特有的离子型中、重稀土矿平均利用率只有 20%～50%[2,26]。对稀土尾矿进行综合回收利用不仅可以延长矿山服务时间，缓解国内对稀土的日益增长需求，而且推动高新材料的发展，减少污染，节约资源，大幅度提高矿山企业经济效益。

2.7　稀土污染

中国稀土产业快速发展的代价是资源过量消耗和生态环境破坏，大量的稀土元素进入环境，威胁动植物及人类的健康，尤其是重金属、放射性元素污染土壤、地下水及周围环境。其中二次资源再生利用率低、乱采滥挖，弃贫取富，是造成严重的资源浪费和生态环境污染的主要原因[27-28]。

内蒙古包头白云鄂博选矿时大量稀土元素流进尾矿坝，某尾矿含钍 0.056%，放射性比活度为 2.4×10^4 Bq/kg，对土壤及周围环境造成了严重污染；包头尾矿坝东南 50 m 处 La、Ce 和 Pb、Zn 的质量比均远远大于内蒙古土壤稀土元素和重金属元素的均值，造成矿区周边土壤稀土-重金属复合污染。四川冕宁地区稀土矿废石堆放，造成河道堵塞，滥砍乱挖造成环境破坏，稀土尾矿区土壤中的 Pb、Zn 质量比分别为 1 193～5 077 mg/kg、38～239 mg/kg，重金属污染十分严重。南方七省(区)存在无证非法堆浸、池浸、就地浸出等落后技术开采离子吸附型稀土矿现象，造成水土流失、环境恶化。其中仅江西省在 2000 年就产生了 31 369.27 万 t 尾矿砂，尾矿砂中大量稀土元素随雨水等进入周边土壤中，造成农田土壤的严重污染[6,25]。

3　中国稀土资源开发利用中存在的问题

中国稀土资源开发利用经过半个多世纪的发展，已经成为全球稀土矿生产、出口和利用大国，但随着稀土在国民经济、航空航天、国防战略中的地位越来越重要，保护稀土资源成为了重要的话题。作为全球稀土资源主要供应国，中国针对稀土开发利用现状制定了保护性开采、限制出口、合理利用稀土资源的政策，但是仍然存在着以下 5 个亟待解决的

国土资源矿物地质资料中心

问题。

3.1 可采储量增长缓慢、消耗过快

目前中国探明储量多，但大部分勘查工作只做到普查程度，现实可采储量并不可观。白云鄂博已探明储量超过10 000万t，现保有可采储量2 000多万吨；微山郗山保有可采储量不到10万t，且属地下开采；南方七省(区)稀土资源储量远景达5 000万t，但保有可采重稀土储量较少，估计仅10万t，其他地方得到有效开发利用稀土矿山较少[25,29]。

稀土资源损耗快一方面是中国稀土资源以粗放型生产为主，存在采富弃贫、乱采乱挖等问题；另一方面稀土资源综合利用率低，目前国有稀土矿山的资源利用率大都不超过60%，民营矿山普遍不足40%，远远低于国外发达国家的资源利用率，而铌、钽等共伴生元素的开发利用率则更低，如白云鄂博铌储量218万t，一直未得到科学利用，大量铌资源流入尾矿坝[30]。

3.2 生态环境破坏

中国稀土资源开发利用中生态环境遭到破坏，大量的稀土、重金属、放射性元素进入环境，污染土壤、地下水及周围环境，威胁动植物及人类的健康。稀土矿山的乱采滥挖，弃贫取富，采、选、冶技术水平低，资源回收利用率低，都造成了严重的资源浪费和生态环境破坏。近年来，在内蒙古包头、四川冕宁、江西赣州地区，稀土资源开采导致周边土壤、水、大气、自然景观的严重污染，造成了耕地退化、粮食减产、水污染、氟气粉尘、硫酸雾、地表破坏、人体及动植物健康损害等现象[27,31]。

3.3 稀土资源开采过度

中国在稀土资源储量、开采量长期占据全球第一位置，美国地质调查局(USGS)《1997—2017年矿产概要》数据显示：我国稀土资源年产量从1996年的5.5万t，占全球年产量的64.9%，经20年的发展，2016年我国稀土资源年产量10.5万t，占全球年产量的83.4%。可以得出，我国稀土开产量日渐加快，世界其他国家稀土资源开产量增长较缓[4]。

多年以来，由于国际市场刺激，国内稀土矿山企业竞争加剧，导致中国稀土矿产大量廉价地出口到国外，同时各种非法小作坊偷矿、盗矿，非法冶炼，甚至走私稀土矿产到海外，都造成了稀土资源过度开采和资源大量损耗。

3.4 科技创新不足

中国是稀土生产大国，但不是稀土应用强国，与美国、日本和欧洲等发达国家相比，我国对稀土的基础研究和应用开发投入不足，整体发展水平仍处于全球稀土产业链的中低端。就我国稀土产品出口来说，价值链低端的初级产品占出口总量的75%，稀土功能材料中下游高端应用产品占出口量的25%[21]。

近年来，随着中国对稀土资源的重视，相关稀土科研工作也随之加快，包括稀土资源地质找矿理论、选冶工艺、尾矿回收利用、高新技术应用等[2]。在“十三五”期间，中国将加强推动稀土中下游产业的集约化、数字化、智能化的发展和稀土产业转型升级，扩大稀土材料在新能源汽车、工业机器人、节能环保等高端领域的应用市场。

3.5 稀土出口量多，但价格偏低

近年来由于国际稀土市场的紧俏，稀土价格上涨，导致我国稀土出口量随之增加，2016年中国年产稀土量10.5万t，出口稀土产品约4.67万t，其中大部分出口到美国、日本、欧洲等国家。全球95%以上的稀土材料由中国出口，但由于国内企业竞相压价，稀土出口价格一再降低。从1990年到2005年，中国稀土的出口量增长了近10倍，可是平均价格却只有当初价格的64%[32-33]。

4 可持续发展的对策和建议

中国稀土资源在全球有着得天独厚的优势，但在勘查开发利用中存在着诸多问题。稀土资源开发利用既要满足人民的各种需要，又要保护资源和生态环境，就必须遵循可持续发展战略[29]。

4.1 优化产业结构，促进稀土行业整合

稀土矿山企业除了政府宏观调控外，可以互相之间加强兼并重组，实现集团化，利用集团优势，包括管理、资金、人才、信息、设备、技术等，加大勘查力度、优化生产资料组合。同时，通过企业的整合可以降低生产成本，实现专业化分工，提高劳动生产率，消除企业之间低水平的重复工作和无序竞争，以取得规模效益，从而在全国逐渐形成实力雄厚、专业性强的稀土产业集团，提高稀土企业在国际市场竞争中的地位[34-35]。中国内蒙古包钢稀土科技有限公司基本整合了北方轻稀土；南方离子吸附型稀土矿不仅开采比较分散，而且规模、产量小，是今后产业兼并整合的重点方向。

同时，中国应提高稀土行业门槛，包括生产规模、工艺装备、能源消耗、环境保护、监督管理等多个指标，旨在关闭不符合相关行业要求的中小企业，淘汰落后产能，加快稀土资源整合，促使稀土产业早日实现规模经济[2]。

4.2 加大稀土研发力度，提高自主创新能力

当前，中国的稀土基础理论研究和功能材料的开发应用与日本、美国等发达国家有很大的差距，稀

国土资源实物地质资料中心

土材料的生产和应用很大程度上集中在中低档，创新力不足，在国际市场上缺乏竞争力[34]。

为了提高我国稀土产业自主创新能力，应积极引进人才、设备、管理、资金等，增加稀土科研机构及经费，加快研发和利用稀土新材料、新产品，借鉴、学习日本、美国等发达国家对初级稀土矿产品进行深度加工的经验。提高稀土产品科技含量，拓展新的应用领域，突破各种技术壁垒，是中国完成稀土大国向稀土强国的转变的必由之路。

4.3　实行科学开采，加强出口管理，制定稀土出口价格

稀土矿山的生产要坚持科学开发和合理开采的原则，采用先进的稀土矿开采工艺，科学合理地开采稀土，更有利于保护生态环境。采用先进的选、冶工艺技术，减少“三废”污染，提高对资源和生态环境的保护。加强尾矿回收利用，发展循环经济，减少资源浪费，提高资源利用率。把资源节约放在更加突出的位置，实现经济发展、资源节约和环境保护共赢，促进稀土产业的可持续发展[35]。

制定合理稀土出口配额，控制我国过高的稀土出口依存度，严把稀土出口企业资质认定关；禁止违规倒卖配额行为，防止稀土资源流失。调查全球各国稀土需求度，根据国际市场状况，重新调配稀土出口地理位置，以期推进全球稀土供需平衡[36]。

中国富产稀土矿犹如澳大利亚盛产铁矿，但不同的是澳大利亚掌握全球铁矿石定价权并通过铁矿石出口获取巨额利润，而中国一直以“白菜价”出口稀土[37]，导致我国稀土出口企业产生较大亏损。我国应建立稀土价格监测预警机制，科学测度并统一制定稀土出口价格，加强改变稀土出口价格谈判劣势局面，减少稀土价格对中国稀土产业的冲击[38]。

4.4　建立稀土战略储备，保障国家安全

美国、日本等发达国家早期就建立了稀土战略储备制度，如美国、澳大利亚保存本国稀土作为战略储备，从中国低价购买稀土产品；日本、韩国没有稀土资源，却经过 30 年的时间囤积了大量的稀土资源。目前日本 83%的稀土来自中国，其中大部分埋入海底储存[39]。

稀土是 21 世纪战略资源，基于全球稀土资源供需形势和中国储量减少的趋势，我国应建立稀土资源储备制度，这对我国未来产业安全具有重要意义，也为今后稀土产业的发展提供保障。同时，储备稀土资源可以有效保护稀土矿山生态环境；控制稀土资源供应时机和供应数量，缓解稀土资源供需矛盾，提高我国在国际稀土市场的话语权[40]。

4.5　促进稀土境外勘查，建立国外资源供应基地

中国稀土资源储量占全球储量的三分之一，居世界首位。但随着其他各国加大稀土资源的找矿勘查力度，全球稀土找矿一片繁荣，我国稀土资源储量呈一家独大的局面也将成为过去。

近年来，全球掀起了稀土资源勘查的热潮，我国可根据新形势下稀土资源的地质勘查状况，调整相关政策，鼓励企业“走出去”，参与全球稀土资源的勘查开发活动[41]，另外要充分利用两个市场，开发两种资源，合理开发国内稀土资源的同时，积极利用国外矿产资源，实现资源与经济的互补共赢。在当前“一带一路”倡议的背景下，主动加强与沿线稀土资源丰富国家的沟通，引进对方国家先进的生产技术，将资源与技术、产业进行有效对接，实现双赢。如在“一带一路”中俄蒙通道上包头宏博特科技有限责任公司建立一条完整的稀土资源开发生产线等，通过这些举措将我国高质量的稀土产品销往国际市场，巩固我国稀土大国的地位，同时勘查利用国外稀土资源，建立国外矿产资源供应基地，可缓解我国稀土资源增长缓慢、开采过度的局面，促进我国稀土资源开发利用可持续发展。

4.6　稀土实物地质资料入库，加强服务利用

作为 21 世纪全球现代化工业建设中不可或缺的材料，稀土是涉及国家安全的战略资源和高科技材料[35]。因此，依托国家实物地质资料馆建立全国稀土矿实物地质资料库藏体系，永久保存、集中展示典型稀土矿床实物地质资料（钻孔岩矿芯、岩矿系列标本、光薄片、副样等及相关文本资料），构建稀土矿产实物地质资料共享平台，推动稀土矿实物地质资料服务体系建设工作迫在眉睫[42]。

国家实物地质资料馆根据中国稀土矿产资源规模、类型、时空分布等地质因素，长期筛选、收藏典型性、代表性重要稀土矿实物地质资料。目前国家实物地质资料馆已采集、收藏内蒙古包头市白云鄂博铌钽稀土铁矿、四川德昌县大陆槽稀土矿、四川省冕宁县牦牛坪稀土矿 3 个矿区实物地质资料，拟采集内蒙古扎鲁特旗巴尔哲稀土铌钽矿、广西贺县姑婆山褐钇铌稀土矿、山东微山县郗山稀土矿、湖北竹山县庙垭稀土铌钽矿 4 个矿区重要实物地质资料。系统地收集、展示全国典型稀土矿实物地质资料，既可以保存稀土矿地质工作取得的重要成果，又能搭建稀土矿实物地质资料科研共享平台，为稀土矿地质科研深加工提供公益性服务。

参考文献

[1]　黄小卫，张永奇，李红卫. 我国稀土资源的开发利用现状与发

国土资源实物地质资料中心

展趋势[J]. 中国科学基金,2011(3):134-137.
[2] 倪平鹏,蒙运兵,杨斌. 我国稀土资源开采利用现状及保护性开发战略[J]. 宏观经济研究,2010(10):13-20.
[3] 吴迪,钱贵霞. 中国稀土产业经济研究现状与发展趋势分析[J]. 稀土,2014,35(5):104-112.
[4] US Geological Survey. Mineral Commodity Summaries 2017[R]. Reston,Virginia:US Geological Survey,2017.
[5] 傅太宇,李葆华,董晓燕,等. 我国稀土矿床分布、分类及特征分析[J]. 河南科技,2015(7):124-126.
[6] 任旭东. 我国稀土矿产资源开采利用现状及发展策略浅析[J]. 轻金属,2012(9):8-11.
[7] 袁忠信,李建康,王登红,等. 中国稀土矿产成矿规律[M]. 北京:地质出版社,2012.
[8] 刘健,凌明星,李印,等. 白云鄂博超大型 REE-Nb-Fe 矿床的稀土成矿模式综述[J]. 大地构造与成矿学,2009,33(2):270-282.
[9] 邹君宇,王建平,柳振江,等. 中国稀土资源现状和问题及对策的思考[J]. 矿业研究与开发,2014,34(2):119-123.
[10] 袁忠信,白鸽. 中国内生稀有稀土矿床的时空分布[J]. 矿床地质,2001,20(4):347-354.
[11] 张培善. 中国稀土矿床成因类型[J]. 地质科学,1989(1):26-32.
[12] 许成,宋文磊,何晨,等. 外生稀土矿床的分布、类型和成因概述[J]. 矿物岩石地球化学通报,2015,34(2):234-241.
[13] 杨晓勇,赖小东,任伊苏,等. 白云鄂博铁-稀土-铌矿床地质特征及其研究中存在的科学问题——兼论白云鄂博超大型矿床的成因[J]. 地质学报,2015,89(12):2323-2350.
[14] 陈春,宋林康,刘立文. 姑婆山花岗岩主岩体的稀土元素赋存状态研究[J]. 矿物岩石,1992,12(1):38-45.
[15] 林德松. 与碱性正长岩有关的热液脉型稀土矿床成矿特征[J]. 矿产与地质,1999,13(1):6-12.
[16] 秦朝建,裘愉卓,温汉捷,等. 四川耗牛坪稀土矿床成因研究—来自包裹体的证据[J]. 岩石学报,2008,24(9):2155-2162.
[17] 周伟伟,蔡剑辉,阎国翰. 山东郗山碱性杂岩体地球化学特征及其意义[J]. 西北地质,2013,46(4):93-105.
[18] 晁会霞,苏生瑞,杨兴科,等. 湖北庙垭稀土矿床地质特征研究[J]. 地学前缘,2016,23(4):102-108.
[19] 杨捷,何天元. 贵州省织金县新华含稀土磷矿矿床地质特征及成因探讨[J]. 化工矿产地质,2013,35(1):27-33.
[20] 黄典豪,吴澄宇,韩久竹. 江西足洞和关西花岗岩的稀土元素地球化学及矿化特征[J]. 地质学报,1988(4):311-328.
[21] 吴志军. 我国稀土产业可持续发展战略研究[J]. 江西社会科学,2012(2):42-49.
[22] 陈占恒,杜佳员. 2016 年我国稀土进出口统计分析[J]. 稀土信息,2017(3):39-44.
[23] 熊家齐. 对全球稀土需求的基本认识[J]. 稀土信息,2014(1):12-16.
[24] 李振民,刘一力,孙菊英,等. 世界稀土需求趋势分析[J]. 稀土,2017,38(3):149-158.
[25] 刘跃,谢丽英. 全球稀土消费现状及前景[J]. 稀土,2008,29(4):98-101.
[26] 张光伟,崔学奇. 我国稀土尾矿资源的综合回收利用现状及展望[J]. 矿业研究与开发,2012,32(6):116-119.
[27] 高志强,周启星. 稀土矿露天开采过程的污染及对资源和生态环境的影响[J]. 生态学杂志,2011,30(12):2915-2922.
[28] 范娜. 广西稀土资源开发的战略规划研究[D]. 桂林:桂林理工大学,2010.
[29] 周浩,张篷. 我国稀土资源概况及其可持续发展浅析[J]. 资源与产业,2011,13(S1):95-100.
[30] 李建. 白云鄂博稀土资源的利用现状、主要问题及解决对策[J]. 山西师范大学学报,2008,22(S1):76-77.
[31] 郭伟,付瑞英,赵仁鑫,等. 稀土开发导致的环境问题及土壤稀土污染治理措施初探[J]. 安全与环境学报,2014,14(5):245-251.
[32] 董珮. 我国稀土出口现状与进出口政策分析[J]. 商场现代化,2014(17):22-23.
[33] 周晓唯,孙赟. 稀土资源出口保护度分析[J]. 华东经济管理,2010,24(7):54-58.
[34] 李文龙. 我国稀土产业可持续发展问题研究[J]. 科学管理研究,2011,29(1):102-105.
[35] 陈健,吴楠. 世界稀土资源现状分析与我国稀土资源可持续发展对策[J]. 农业现代化研究,2012,33(1):74-77.
[36] 曾兴. 中国稀土出口的现状及其对策[J]. 商情,2011(43):31.
[37] 何欢浪. 下游进口国家的稀土储备与我国稀土出口政策[J]. 财经研究,2014,40(4):56-65.
[38] 吴巧生,孙奇. 我国稀土价格形成机制及策略[J]. 中国矿业,2015,24(1):29-51.
[39] 倪月菊. 发达国家的稀土战略给中国的启示[J]. 国际贸易,2012(10):27-31.
[40] 袁博,王国平,李钟山,等. 我国稀土资源储备战略思考[J]. 中国矿业,2015,24(3):28-48.
[41] 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.
[42] 张苏江,季根源,王楠,等. 中国锗矿资源现状及其可持续发展对策研究[J]. 矿产保护与利用,2017(2):6-12.

国土资源实物地质资料中心