

中国科学院国家科学图书馆

科学研究动态监测快报

2011年2月1日 第3期（总第105期）

地球科学专辑

中国科学院资源环境科学与技术局

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆

中国科学院国家科学图书馆兰州分馆
邮编：730000 电话：0931-8271552

甘肃省兰州市天水中路8号
<http://www.llas.ac.cn>

目 录

专 题

- 美国主要稀土矿产——国内概况与全球展望..... 1
全球稀土矿业形势浅析..... 7

短 讯

- 科学家提出计算地壳形成时间的新方法..... 12
科学家再次测定夏威夷岩浆库深度..... 12

专题

编者按：稀土元素（Rare Earth Elements, REE）包括原子序数从 57 到 71 的 15 种镧系元素，以及钇（原子序数 39，其化学性质与镧系元素相似）。如果以吨来计算，这些元素在工业上的需求量相对很小，但它们却是许多高技术应用的必需品，如风力发电、电动汽车、节能照明等。同时，稀土也是许多核心国防防御系统和先进材料的关键。2010 财年的美国国防授权法案（National Defense Authorization Act）要求总审计长（Comptroller General）完成一份基于国防供应链的稀土材料评估报告。因此，美国工业政策办公室与其他美国政府机构进行合作，开始对稀土进行详细研究。为了帮助完成该项工作，美国地质调查局（USGS）从全球背景出发，对美国稀土资源和储量进行了研究，于 2010 年 11 月中旬发布了名为《美国主要稀土矿产——国内概况与全球展望》（The Principal Rare Earth Elements Deposits of the United States—A Summary of Domestic Deposits and a Global Perspective）的报告。该报告主要对美国国内的稀土资源和储量等进行了非技术性的评估，在此，我们对其核心内容作一简要介绍。

美国主要稀土矿产——国内概况与全球展望

1 全球展望

1.1 稀土元素地壳丰度高，但可采量低

大部分稀土元素其实并不如“稀土”这个名字所表示的那样稀有。之所以称作稀土，是因为大部分稀土元素是在 18 世纪和 19 世纪期间以稀有矿产（当时很稀少）中的氧化物组成成分被发现的。铈（Ce）是稀土元素中地壳丰度最高的一种元素，其在地壳中比铜和铅还要常见。同时，除钷（Pm）外，其他稀土元素的丰度比银和汞还要高（Taylor and McLennan, 1985）。因为稀土元素基本都为 +3 价，且具有相似的离子半径，所以稀土元素经常在地壳中被集中发现。

尽管稀土元素在地壳中相对比较丰富，但是，它们在可开采矿床中的含量却非常小。据估计，稀土元素在地壳中的平均浓度在百万分之 150~220 这样一个范围内，这远远超过了其他以工业规模开采的金属，如铜（其丰度为百万分之 55），锌（其丰度为百万分之 70）。与大多数商业开采的贱金属和贵金属不同，稀土元素在可开采矿床中的富集量很小。稀土元素的富集主要与罕见的火成岩类密切相关，即碱性岩和碳酸岩类。在砂矿、火成岩深度风化形成的残积矿（residual deposit）、伟晶岩矿、铁氧化物铜-金矿床、海洋磷酸盐矿中均发现有达到潜在可利用浓度的含稀土元素的矿物。

1.2 稀土矿组成复杂，且具放射性

稀土矿在矿物学和化学上非常复杂，且通常情况下具有放射性。一般而言，单一矿物相的金属很容易分离，而双矿物相或多矿物相金属的分离则存在很大困难。尽管目前已经具有多矿物相连续分离的加工能力，但这并不总是具有成本效益。因此，到目前为止，稀土生产很大程度上来自于单矿物相矿床，如中国的白云鄂博（氟碳铈矿）、美国的 Mountain Pass（氟碳铈矿）、印度的重矿物砂矿（独居石）。加工流程方面，稀土矿经一次分离后，含有的稀土元素仍多达 14 种（镧系和钷），所以，仍然需要许多步骤来进一步分离出稀土元素，并去除相关杂质。冶金学上的这种复杂性归因于没有 2 种稀土矿物是真正相同的，因此也没有标准的开采和冶炼方法。

稀土矿中的主要有害杂质是钍（Th），这给其带来了不必要的放射性。因此，除了面对复杂的加工流程外，还要处理由此带来的安全问题，所以大大妨碍了放射性较强的稀土矿的经济开采，特别是独居石类（在 20 世纪 90 年代该类稀土矿曾一度被市场放弃）。

1.3 轻稀土元素较重稀土元素丰富

不同稀土元素在某一个矿体中的相对含量变化很大。主要差别反映在轻稀土元素与重稀土元素的相对比例上，与平均地壳丰度相比，稀土矿体中富含轻稀土元素（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）。只有极少数矿床含有相对比较丰富的重稀土元素，大多数情况下，含有磷钇矿的矿床是重稀土矿物的主要产出者。

铈是稀土元素中最为丰富的一种元素，其可用量已经超过了传统利用水平下的需求。目前，考虑开发中的很多稀土矿床富含轻稀土元素，一旦投产，将使铈市场出现供大于求的状况。相比之下，由于储量有限，重稀土元素处于供应短缺的状况。一些稀土元素，如镱，十分紧缺。

1.4 多以副产品形式被开发

当对一个采矿项目的经济可行性进行评估后，潜在的矿产产品便分为主要产品及副产品 2 种。主要产品，例如，一个锌矿中的锌，是矿物生产中价值贡献最大的物质。一般来说，从主要产品中获得的回报，足以支付开采和加工的成本。其他产品都被称为副产品（byproduct），从这部分产品得到的回报通常是对矿山整体盈利能力的增强。如果获得 2 个或者 2 个以上具有基本价值的产品，它们便被称为副产物（coproduct）。

稀土矿业中的一个明显特征是，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，而不是以主要产品的形式被开采。中国当前（2010）供应着全球稀土 96% 的稀土产品（表 1、表 2），在 120 000 吨的总供应量中，有 55 000 吨来自内蒙古的白云鄂博矿山，且均为副产品，这一事实意味着全球稀土产品中至少有 44% 是以副产品形式被开发的。中国的其余供应量中，有 25 000

吨来自南方的铁吸附型矿床，这里的稀土以主产品的形式被开发。总体而言，全球90%的稀土产品属于副产品或副产物。

表 1 2009 年全球主要稀土矿山的生产情况

国家	矿山	2009 出口量		
		(吨 TREO ¹)	主产品	副产品
巴西	北布埃纳	650	钛铁矿精矿	独居石精矿
	白云鄂博	55 000	铁矿	氟碳铈矿精矿
中国	四川*	10 000	氟碳铈矿精矿	
	中国南部*	45 000	稀土	
印度	重矿物砂矿	2 700	钛铁矿精矿	独居石精矿
马来西亚	怡保砂矿	380	锡石精矿	磷钇矿精矿
俄罗斯	洛沃泽罗	2 500	铈铌钙钛矿精矿	稀土氯化物

*多数为小型生产者和少数为大中型生产者，数据为 2010 年数据。

表 2 全球稀土储量和产量 (2009)

国家	产量		储量	
	TREO (吨)	比例 (%)	TREO (吨)	比例 (%)
澳大利亚	0	0	5 400 000	5
巴西	650	0.5	48 000	0.05
中国	120 000	95	36 000 000	36
独联体	2 500	2	19 000 000	19
印度	2 700	2	3 100 000	3
马来西亚	380	0.3	30 000	0.03
美国	0	0	13 000 000	13
其他	0	0	22 000 000	22
合计	126 230		99 000 000	

2 美国国内情况

2.1 主要矿床类型及分布

美国最大的稀土矿床在碳酸岩和碱性火成岩中被发现，它们聚集于岩脉之中，空间分布与碱性火成岩侵入密切相关。同时，稀土矿与碱性火成岩的密切关系使得稀土元素常与其他有价值的元素伴生，如钛、铌、磷、钽 (Van Gosen and others, 2009)。

美国主要的稀土矿床发现于：①碳酸岩和碱性火成杂岩；②与碱性侵入相关的岩脉；③一些与岩浆-水热过程相关的铁矿床；④碱性火成地体侵入形成的河积矿床

¹ TREO——总稀土氧化物 (稀土常以复杂氧化物等形式存在)。

和滩积矿床（砂矿）。



图 1 美国主要稀土矿区分布

2.2 主要赋存矿物

目前，在美国发现的含有稀土元素的矿物主要有黑稀金矿、氟碳铈矿、磷钇矿、独居石和褐帘石。此外，铈钇矿、易解石、褐钇铈矿、氟菱钙铈矿、氟菱铈钙矿、水菱钇矿、碳酸锶铈矿、磷铝铈矿、铈磷灰石、红钇石等也被发现含有稀土元素。

表 3 在美国发现的含有稀土元素的主要矿物

矿物	组成成分
	氧化物
易解石	$(\text{Ce, Th, Ca})[(\text{Ti, Nb, Ta})_2\text{O}_6]$
黑稀金矿	$(\text{Y, Er, Ce, U, Pb, Ca})(\text{Nb, Ta, Ti})_2(\text{O, OH})_6$
褐钇铈矿	YnbO_4
铈钇矿	$(\text{Y, Er, Fe, Mn, Ca, U, Th, Zr})(\text{Nb, Ta})_2(\text{O, OH})_6$
	碳酸盐
碳酸锶铈矿	$\text{Sr}(\text{Ce, La})(\text{CO}_3)_2(\text{OH}) \cdot (\text{H}_2\text{O})$
氟碳铈矿	$(\text{Ce, La, Y})\text{CO}_3\text{F}$

氟菱钙铈矿	$\text{Ca}(\text{Ce}, \text{La})_2(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$
氟菱铈钙矿	$\text{Ca}(\text{Ce}, \text{Nd}, \text{Y}, \text{La})(\text{CO}_3)_2\text{F}$
水菱铈矿	$\text{Y}_2(\text{CO}_3)_3 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$
磷酸盐	
铈磷灰石	$(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})_5(\text{OH})[(\text{P}, \text{Si})\text{O}_4]_3$
磷铝铈矿	$(\text{La}, \text{Ce})\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6$
独居石	$(\text{Ce}, \text{La}, \text{Th}, \text{Nd}, \text{Y})\text{PO}_4$
磷铈矿	YPO_4
硅酸盐	
褐帘石	$\text{Ca}(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y}, \text{Ca})\text{Al}_2(\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O}(\text{OH})$
钙铈铈矿	$\text{Ca}_2(\text{Ce}, \text{Y})_2(\text{SiO}_4)_3\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
红铈石	$\text{Y}_2[\text{Si}_2\text{O}_7]$

2.3 稀土资源评估

资源评估依赖于当前的勘探程度，具有不同的准确性和可靠性，认识到这一点非常重要。表 4 是美国目前已知的主要稀土资源，这些评估结果主要通过以下方式获得：①对矿化点地表露头的推断；②少量样品的分析；③矿化带延伸深度的推断或假设。截至目前为止，已经通过一定深度的岩芯钻探工作对一些矿床进行了研究。通过密集的钻探可以为矿化物质（达到经济开采水平的量）评估提供充足数据，但是仅对极少数矿床进行了详细勘探。只有通过充分的钻探、中试规模的冶金测试、权威的经济分析才能对这些稀土资源的潜在经济可行性进行可靠评估。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。

表 4 美国国内稀土资源与储量

矿床		吨位 (吨)	品位 (/TREO)	TREO 含量 (吨)
储量——探明				
Mountain Pass	加州	13 588 000	8.24	1 120 000
资源——推断				
Bear Lodge	怀俄明州	10 678 000	3.60	384 000
资源——未分类				
Bald Mountain	怀俄明州	18 000 000	0.08	14 400
Bokan Mountain	阿拉斯加州	34 100 000	0.48	164 000
Diamond Creek	爱达荷州	5 800 000	1.22	70 800
Elk Creek	内布拉斯加州	39 400 000		
Gallinas Mtns.	新墨西哥州	46 000	2.95	1 400

Hall Mountain	爱达荷州	100 000	0.05	50
Hick's Dome	伊利诺斯州	14 700 000	0.42	62 000
Iron Hill	科罗拉多州	2 424 000 000	0.40	9 696 000
Lemhi Pass	爱达荷州	500 000	0.33	1 650
Mineville	纽约	9 000 000	0.9	80 000
Music Valley	加州	50 000	8.6	4 300
Pajarito	新墨西哥州	2 400 000	0.18	4 000
Scrub Oaks	密苏里州	600 000	12	72 000

稀土矿床资源和储量分为 3 大类：第一类经过了充分的研究，能够预期一项资源开采计划的前景；第二类是研究程度良好的矿床（经过测量、资源评估等），但没有经过可行性研究（包括矿山设计）；第三类是未分类的资源，包括各种不太可能被利用的已知资源。通过进一步的勘探和项目开发，前 2 类稀土资源将会增加。就美国而言，前 2 类稀土矿床只有 2 个，分别分布在加州和怀俄明州。就全球而言，美国、澳大利亚、加拿大的稀土生产潜力很大，总共估计约有 1 400 万吨 TREO。

2.4 未来形势

目前，美国的稀土原材料全部依赖进口，其中绝大部分来自于中国。但是，情况并不总是如此。1998 年之前，当 Mountain Pass 矿山的稀土产量缩减时，美国仍然生产其国内和自由市场国家消费的大部分轻稀土元素，而重稀土元素则由进口的独居石精矿获得。在 20 世纪 80 年代中国成为全球轻、重 2 类稀土元素的主要供应商后，这一形势发生了变化。2002 年，美国国内唯一的稀土供应——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。在当前全球稀土供应形势紧张的趋势下，Mountain Pass 矿山有望在 2 年内恢复运作。

根据 USGS 的数据，目前全球约有 150 个项目在进行稀土元素的勘查和研究，很多项目开始于最近 2 年。新储量、新资源的发现依赖于矿产资源的定量评估，但是，当前任何一个国家都没有进行过稀土矿的定量评估。美国最后发现、并发展成矿山的矿床是加州的 Mountain Pass，其发现于 1949 年，1953 年投产。在今天的监管环境下，对于稀土矿床发现和开发所需的时间而言，这一 50 多年前的事情已经不再具有指示意义。过去 50 年，在中国之外的其他地方，几乎没有任何稀土勘探活动和矿山开发项目。因此，无法对未来全球范围内稀土的发现和开发步伐做出评估。

（杨景宁 译 赵纪东 校）

原文题目：The Principal Rare Earth Elements Deposits of the United States
—A Summary of Domestic Deposits and a Global Perspective

来源：<http://pubs.usgs.gov/sir/2010/5220/>

全球稀土矿业形势浅析

2010年7月初,中国商务部宣布削减2010年下半年的稀土出口配额至7976吨,而2009年第二季度时的出口配额还高达28417吨。如此一来,中国2010年全年的稀土出口量将从2009年的50145吨下降到30259吨,减少了40%。长期以来,中国一直是全球稀土的主要供应国,所以,世界皆为此震惊。从此,世界稀土矿业形势将可能发生重大变化,我们在此尝试着对其作一简要分析。

稀土(Rare Earth Elements,简称为RE或REE)是一组同时具有电、磁、光、以及生物等多种特性的功能材料,有工业“维生素”之称,被美、日等国列为21世纪的“战略元素”。从日常生活用到的汽车触媒转换器、石油精炼用催化剂、永磁马达中的磁性材料等,到特殊领域如核能工业、电子、超导体等,稀土的用途极其广泛,是高科技产业中不可或缺的重要基础材料。同时,在冶金方面稀土更可以大幅提高钢材/铝/镁/钛合金材料的性能。因此,工业大国无不将稀土金属视为战略资源,其重要性不言而喻。

在20世纪70、80年代,美国是世界稀土的主要供应国,其位于加州的Mountain Pass出产的稀土占全世界供应量的70%左右。后来,由于环保问题,美国开始逐渐减产。同时,由于中国工人工资低廉、环保标准松弛,所以透过低科技、低成本的萃取制程,中国逐步取代了美国的稀土产业地位。事实上,中国仅拥有全球1/3的稀土蕴藏量。但是,其却在过去几十年中承担了供应世界大多数稀土的角色,结果付出了破坏自身自然环境的惨重代价。因此,中国决定减少供应,以保护环境,实现可持续发展。而世界其他国家为了满足自身发展的需求,已经采取了一系列行动,全球稀土矿业形势将可能由此发生一些重大变化。

1 全球化供应正式拉开帷幕

对于拥有丰富稀土矿产的国家来说,例如美国、澳大利亚等,他们将重振其稀土矿业;而对于自身没有稀土矿产的国家来说,例如日本,他们将积极与其他拥有稀土矿产的国家(相对于全球而言,储量不是很高)进行合作,来开发稀土资源,满足自身需求。

1.1 美国、澳大利亚等将重振其稀土矿业

除中国的白云鄂博外,全球另外两大已知的稀土富矿分别是美国的Mountain Pass和澳大利亚的Mount Weld。在中国大幅减少供应的情况下,预计这两大富矿将很快被启用,并投产。

在中国宣布下调2010年下半年稀土出口配额之后,西澳大利亚稀土矿业公司莱纳斯(Lynas)随即表示,这意味着莱纳斯将有更多的机会来满足全球市场的需求,他们已经做好准备,足以满足中国减少稀土出口配额后所增加的任何需求。莱纳斯

是澳洲最主要的稀土矿开采商，也是世界上除中国以外的第一家能提供所有稀土品种的公司。他们在西澳中部的 Mount Weld 拥有除中国以外，世界上储量最高的稀土矿之一。莱纳斯的董事长 Nicholas Curtis 表示，目前项目进展顺利，预计从 2011 年的第三个季度开始可以供应稀土，第一年计划生产稀土 11 000 吨，到 2012 年底将翻倍至 22 000 吨。

早在 2010 年 11 月，拥有加利福尼亚州西南部莫哈韦沙漠（Mojave Desert）Mountain Pass 稀土矿的美国 Molycorp Inc 公司（西半球唯一的稀土氧化物生产商）就为恢复该矿开采的环境审批问题扫清了障碍。2010 年 12 月 20 日，他们已经开始了该稀土矿的开采预备工作——地下水排水，这些地下水渗入矿坑底部，会侵蚀岩石区域，也就是所谓的“盖岩层”。该公司将使用新式稀土生产设备，到 2012 年将实现全面运转，届时可年产 2 万吨稀土材料。根据目前的许可证，该公司有可能使产量翻倍，达到每年 4 万吨（2012 年以后）。

此外，加拿大 Quest 稀有矿产有限公司（TSXV:QRM）总裁兼首席执行官 Peter Cashin 也于 2010 年 10 月底表示，他们已打算开发该公司位于魁北克省东北部靠近拉布拉多边界处的矿权区，这里有丰富的稀土金属，包括轻稀土和重稀土，估计可开发时间长达 65~100 年，预计将于 2014 年或 2015 年投产。

1.2 日本将与印度、越南等合作开发稀土

2010 年 10 月 31 日，日本首相菅直人会晤了越南总理阮晋南，两人签署协议，同意两国共同开采稀土。根据协议，日本将以与越南企业合资的方式在越南北部开采稀土。两国在联合声明中称，由日本提供勘探和熔炼以及资金技术，矿场则位于越南。具体合作双方是日本的丰田通商株式会社（Toyota Tsusho）、双日株式会社（Sojitz）与越南的国家煤矿工业集团（Vinacomin）。

2010 年 12 月 8 日，日本丰田通商株式会社表示，其将在印度兴建一座稀土矿加工厂，以增加中国之外的稀土来源。该公司计划与日本信越化工有限公司以及印度稀土有限公司合作，准备于 2011 年初在印度东部的奥里萨邦建设工厂，并将于 2011 年底投产使用。预计将从 2012 年开始向日本供应稀土，每年的出口量将达到 3 000~4 000 吨。

为了保证稀土供应，日本丰田通商公司曾对世界各地的稀土资源潜在储藏量进行过调查。丰田通商公司官员表示，凭借越南和印度的这 2 家工厂，其稀土供应量在 2013 年将达到 1 万吨，这几乎是日本年均稀土总需求量的三分之一。

此外，值得一提的是，日本还将可能在蒙古合作开发稀土矿产。2010 年 10 月 19 日，日本、蒙古两国领导人进行了会谈，双方一致同意，将于 2011 年就两国间缔结经济合作协定问题展开磋商，并在蒙古的稀土类等资源开发领域强化双边合作。而据日本《朝日新闻》2010 年 12 月 31 日报道，日本政府将于 2011 年 2 月派遣官方

与民间代表团访问蒙古，计划向蒙古销售小型观测卫星。并且，日本建议将此卫星运用于蒙古的稀土资源勘探，以求保障日本的稀土资源供给。

2 环境无害化开发是关键

稀土元素经常跟放射性物质相结合，其开采和加工可能对环境造成重度污染，其废物会污染土壤，还会产生盐酸和放射性尘埃，二者分别对水体和空气造成污染，并导致其他问题。美国能源部（DOE）在其 2010 年 12 月 15 日发布的首份关键材料战略报告中指出，在所有情况下，稀土的开采和加工应以对环境无害的方式进行。美国 Mountain Pass 稀土矿曾一度是全球主要的稀土供应源，但由于遭到如废水污染周边脆弱的生态环境等问题的投诉，该公司被迫于 2002 年停止该矿的作业。现在，对于 Mountain Pass 稀土矿的重启，Molycorp Inc 公司表示，他们将严格遵守相关环保法规。其将采用新的处理技术，这些技术比传统方法更环保，也更便宜。同时，Molycorp 的新投资者也急于证明，生产稀土既可以环保也可以带来经济效益，他们称将投资 5.31 亿美元，用于更新稀土矿的设备，并将其中的三分之一资金用于建设废水处理系统。

相比之下，中国的白云鄂博虽然在 2009 年为全球供应了近 44% 的稀土（据 USGS 数据），但却累积下了严重的环境问题。在白云鄂博有一个特殊的湖——容量高达 1.7 亿吨的绿色稀土湖，这个湖其实就是白云鄂博在开采过程中产生的尾矿坝；而大量的尾矿坝分布在黄河附近，一旦大规模降雨或者发生地震，将致使尾矿坝决堤，尾矿流入黄河后，大量放射性废物将进入黄河水源地，带来的生态灾难难以想象。而在开采过程中，含放射性钍的废水不能有效回收，对四道沙河流域及黄河、地下水、饮用水源造成污染，稀土工业区局部大气、土壤环境受到放射性污染。这致使很多人认为，中国目前控制着全球的稀土大部分供应，并不是因为地质上的好运，而是因为中国愿意开设其他国家谈虎色变的肮脏、有毒和放射性的矿场。实际上，中国的稀土产量增长不足以满足整个世界的需要，因为必须考虑到伴随着稀土产量增加而带来的环保问题。

3 深海资源再度引发重视

几十年前，科学家就已经知道海底岩石中存在稀土金属。早在 1968 年，麻省理工大学的化学家 Alan M. Ehrlich 就提交了题为“锰结核中富含稀土金属”的博士论文。锰结核是沉淀在海底的一种矿石，它富含镍、铜、钴、锰等 30 多种金属元素，包括多种稀土金属元素。几十年来，企业家们一直在考虑利用遍布海底的锰结核矿石提炼各种金属的可能性，但由于采集矿石的机器造价太高，一直认为经济上并不划算。然而，由于中国的稀土出口限制，世界各国纷纷开始寻找稀土的替代来源，科学家们将目光再次投向了深海锰结核矿石。

2010年10月，美国地质调查局海底矿物领域的地质学家 James R. Hein 和 5 名德国同行在夏威夷大学美国水下采矿研究所的年度大会上提交了一篇关于收集锰结核以便获取稀土金属的方法，这或许预示着通过海底采矿来获取稀土金属的行动开始启航。但是，水下采矿研究所主席 Charles L. Morgan 表示，稀土金属确实很有价值，但这些东西（锰结核）并不那么简单。目前，其正在考虑是否要着手分析从全球各地收集到的 5 000 个锰结核样本，以便证实其中稀土金属的含量。同时，他还提醒到，海底采矿也曾经历过起伏，从锰结核中提取稀土这个主意也许能带来新的突破，但要使其在经济上变得可行，还有待于进一步研究，终究怎样还有待于观察。

另一方面，出于对稀土供应风险的担忧，从 2010 年下半年开始，日本政府开始积极商讨对策，其中包括加速研发钻探海底资源用的自动控制装置，旨在进一步推动海底稀土类和稀有金属等矿藏的勘探。从日本海洋研究开发机构提供的模拟图来看，该装置能在自动潜航过程中进行勘探，宛如一尾“机器鱼”。2009 年 9 月，该计划的预算被砍，一度面临中断，但在近来稀土供应链越来越脆弱的情况下，这一计划再度受到重视。另据 2010 年 1 月 7 日的日本《读卖新闻》报道，日本政府已计划使用先进器材，在冲绳、伊豆和小笠原等岛屿的海域内挖掘矿物，这将有助于日本摆脱中国限制稀土出口的压力。

4 回收利用将备受关注

多年以来，稀土材料的供应一般大多来自于矿石的开采和加工，回收利用相对很少。在这样一种稀土经济形势下，诺贝尔经济学奖得主克鲁格曼于 2010 年 10 月 17 日在《纽约时报》表示，全球显然需要发展一些非中国原料的其他来源，美国等许多地区还有丰富的蕴藏量。不过，开发这些蕴藏、萃取这些原料耗时又花钱。因此，透过废弃电子器材回收稀土的“城市采矿” (urban mining) 将可能会是一个不错的解决方式。

高尖端科技产品，如 iPods、计算机和混合型汽车电池使用了很多稀土矿物质，鉴于废弃 iPods 和其他科技设备的数量之多，澳大利亚可持续商业和开发中心 (Australian Centre for Sustainable Business and Development) 的主任 John Cole 认为，开采垃圾将可能成为可行性行为，而对垃圾填埋地的开采可能会很快成为商业行为。与此同时，美国能源部也指出，回收、再利用和更有效地使用可显著降低稀土材料的全球性需求，随着时间的推移，回收过程研究及设计良好的政策，将使得回收利用在经济上变得可行。

在具体的回收技术方面，据 2010 年 10 月 26 日的日本《每日新闻》报道，日本东京大学工业科学研究所的教授冈部彻 (Toru Okabe) 领导下的研究组开发出了一套从钕磁铁中有效回收稀土的新技术，采用该技术回收稀土不会产生有害废液，且可以有效地储备稀土资源。报道称，由冈部彻等人开发的方法，可以把钕磁铁中稀

土的回收率达到 8 到 9 成。受日本内阁委托，东京大学前校长、现三菱财团综合研究所理事长小宫山宏（Hiroshi Komiyama）将亲自带领东京大学生产技术研究所进一步开发稀土回收利用的新技术。

5 战略储备可能加剧

目前，中国的稀土产品主要出口到日本、美国、德国等国家，这些国家在进口中国稀土的同时，很早就着手进行稀土储备。自身没有稀土资源的日本，拥有的稀土大约 83% 都来自中国。早在 1983 年，日本就出台了稀有矿产战略储备制度，储备对象为镍、铬、钨、钴、钼、钒、锰等 7 种稀有金属，其后又把铂、铟及稀土类 3 种资源纳入储备对象。在获得大量稀土后，日本进行了广泛贮存。中国在 2010 年 7 月减少稀土出口配额后，稀土市场分析公司 Technology Metals Research 联合创始人 Gareth Hatch 便于 2010 年 9 月下旬表示，此事在短期内不会对日本公司产生影响，因为多年来已经储备了大量稀土金属，可以减少供应短缺造成的冲击。

稀土储量居全球第二位的美国，对本国的稀土、石油、煤炭等只探不采，从 1999 年逐步停止开采本国的稀土资源，对锰、铬、铂等重要金属进行战略储备，更从 1981 年就着手进行。鉴于中国正在限制稀土的生产，而美国所使用稀土几乎都需要进口，2010 年 3 月 18 日，美国众议员麦克·考夫曼提出了一项法案，他要求国防部和其他联邦部门振兴美国的稀土工业，并呼吁建立国家的稀土储备，新法案将要求在法律生效后，从中国直接购买供 5 年使用的稀土。

从 1958 年至今，中国稀土的开采已经进行了 50 多年。总体而言，中国稀土开采总量大，利用率低，如果按照目前的开发利用方式，白云鄂博主矿将在 25 年内耗尽，南方的离子型稀土矿将在 10 年内耗尽。届时，中国将完全受制于他国。因此，中国“稀土之父”、中国科学院院士徐光宪教授认为中国应该建立稀土储备体系。

总体而言，在各经济体正在迎接新一轮增长的时候，对未来全球经济格局产生重大影响的稀土战略储备全球“战局”将逐渐走向白热化。

参考资料：

- [1] 揭秘日本稀土大战策略
http://news.xinhuanet.com/world/2010-10/30/c_12719127.htm
- [2] 科学家探讨从海底锰结核中提取稀土金属可行性
<http://paper.sciencenet.cn/htmlnews/2010/11/240131.shtm>
- [3] 中国稀土被国际社会绑架
<http://finance.ifeng.com/news/special/xitu/20101201/2986796.shtml>
- [4] 日本和越南签署协议共采稀土
http://www.bbc.co.uk/zhongwen/trad/china/2010/10/101031_japan_vietnan.shtml
- [5] 美欧日加速布局稀土战略储备
<http://energy.people.com.cn/GB/115016/140072/188468/index.html>

（赵纪东 编写）

科学家提出计算地壳形成时间的新方法

地壳不仅改变了地幔与大气的组成，也使生物得以存活。在地球的演化过程中，地壳扮演着关键角色，然而，地壳形成时间却一直存在争议。最近，英国布里斯托大学和圣安德鲁斯大学的科学家们研究出了新的计算方式，所得到的结果也与地质纪录较为符合。

人们普遍认为，年轻地壳的生长起源于上地幔的亏损。一种评估新地壳形成时间的常用方法是分析地壳样品的放射性同位素组成，并将其同位素特征与亏损地幔进行比较。换句话说，放射性同位素可以被用来计算地壳形成的“模式年龄”（model ages），其代表了所采地壳样品从地幔中分离出来的时间。

在过去 30 多年中，模式年龄的概念已被广泛应用于地壳演化研究。然而，人们越来越清楚地发现，将亏损地幔的同位素组成作为计算大陆地壳形成时间（模式年龄）的参照可能导致不完整的解释。

在 2011 年 1 月 13 日的 *Science* 上，英国布里斯托大学的 Bruno Dhuime 教授及其同事提出了一种新的计算模式年龄的方法，该方法基于新大陆地壳的平均同位素组成。Dhuime 教授表示，以这种方法计算出的年龄要明显小于以亏损地幔同位素组成计算出的模式年龄。这种新的年龄数据与地质记录之间存在更多的一致性，这将为以同位素为基础的地壳演化研究开启新的道路。

（赵纪东 编译）

原文题目：When continents formed

来源：<http://www.bris.ac.uk/global/news/newsitem.html?y=2011&n=7417.html>

科学家再次测定夏威夷岩浆库深度

2010 年 12 月 14 日，美国俄亥俄州立大学地质学专业的 Julie Ditkof 在旧金山举行的美国地球物理协会（AGU）年会上介绍了她的一项研究发现：夏威夷群岛下方具有一座迄今为止所测量到的距地表最近的岩浆库——距离地表大约只有 3~4 km。在此之前，对夏威夷火山岩中矿物的研究表明，当地熔岩深度约为 18~40 km，而地震研究结果表明，岩浆库在浅得多的位置，大约为 2~6 km。

Ditkof 从夏威夷火山活动最活跃地区采集了 1 000 多块火山岩标本，采用了其导师 Michael Barton 研究冰岛地区时所发展出的方法，并对橄榄石给予了特别关注。根据橄榄石中特定元素的比例，Ditkof 判断出岩浆库本身的深度。

（赵纪东 编译）

原文题目：Hot Stuff: Magma at Shallow Depth Under Hawaii

来源：<http://researchnews.osu.edu/archive/magdepth.htm>

版权及合理使用声明

中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》（简称《快报》）遵守国家知识产权法的规定，保护知识产权，保障著作权人的合法权益，并要求参阅人员及研究人员认真遵守中国版权法的有关规定，严禁将《快报》用于任何商业或其他营利性用途。未经中科院国家科学图书馆同意，用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。未经中科院国家科学图书馆允许，院内外各单位不能以任何方式整期转载、链接或发布相关专题《快报》。任何单位要链接、整期发布或转载相关专题《快报》内容，应向国家科学图书馆发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并与国家科学图书馆签订协议。中科院国家科学图书馆总馆网站发布所有专题的《快报》，国家科学图书馆各分馆网站上发布各相关专题的《快报》。其它单位如需链接、整期发布或转载相关专题的《快报》，请与国家科学图书馆联系。

欢迎对中科院国家科学图书馆《科学研究监测动态快报》提出意见与建议。

中国科学院国家科学图书馆

National Science Library of Chinese Academy of Sciences

《科学研究动态监测快报》(简称系列《快报》)是由中国科学院国家科学图书馆总馆、兰州分馆、成都分馆、武汉分馆以及中科院上海生命科学信息中心编辑出版的科技信息报道类半月快报刊物,由中国科学院规划战略局、基础科学局、资源环境科学与技术局、生命科学与生物技术局、高技术局研究与发展局等中科院职能局、专业局或科技创新基地支持和指导,于2004年12月正式启动。每月1日或15日出版。2006年10月,国家科学图书馆按照统一规划、系统布局、分工负责、系统集成的思路,对应院1+10科技创新基地,重新规划和部署了系列《快报》。系列《快报》的重点服务对象首先是中科院领导、中科院专业局职能局领导和相关管理人员;其次是包括研究所领导在内的科学家;三是国家有关科技部委的决策者和管理人员以及有关科学家。系列《快报》内容将恰当地兼顾好决策管理者与战略科学家的信息需求,报道各科学领域的国际科技战略与规划、科技计划与预算、科技进展与动态、科技前沿与热点、重大研发与应用、科技政策与管理等方面的最新进展与发展动态。

系列《快报》现有13个专辑,分别为由中国科学院国家科学图书馆总馆承担的《交叉与重大前沿专辑》、《现代农业科技专辑》、《空间光电科技专辑》、《科技战略与政策专辑》;由兰州分馆承担的《资源环境科学专辑》、《地球科学专辑》、《气候变化科学专辑》;由成都分馆承担的《信息科技专辑》、《先进工业生物科技专辑》;由武汉分馆承担的《先进能源科技专辑》、《先进制造与新材料科技专辑》、《生物安全专辑》;由上海生命科学信息中心承担的《生命科学专辑》。

编辑出版:中国科学院国家科学图书馆

联系地址:北京市海淀区北四环西路33号(100190)

联系人:冷伏海 朱相丽

电话:(010)62538705、62539101

电子邮件:lengfh@mail.las.ac.cn; zhuxl@mail.las.ac.cn

地球科学专辑

联系人:郑军卫 安培浚 赵纪东 王金平

电话:(0931)8271552 8270063

电子邮件:zhengjw@llas.ac.cn; anpj@llas.ac.cn; zhaojd@llas.ac.cn; wangjp@llas.ac.cn