作为不可再生的稀缺性战略资源，它有“工业维生素”“新材料之母”之称，广泛应用于尖端科技领域和军工领域。

是什么成就了稀土这张王牌

本报记者 **谢开飞**

在炼钢过程中，仅需在钢中加入少量稀土，就能使原本优质的钢变得更加“坚强”，提高其使用寿命。

在军事领域，稀土能够大幅度提高武器装备的合金战术性能，如海湾战争中，加入稀土元素镧的夜视仪成为了美军坦克压倒性优势的来源。

在核能领域，稀土元素钆及其同位素都是最有效的中子吸收剂，可用作控制核电站的连锁反应级别的抑制剂，成为核反应堆的“安全保护神”……

现实中，小到手机屏幕、数码相机，大到导弹、雷达、潜艇，稀土无处不在。作为不可再生的稀缺性战略资源，它有“工业维生素”“新材料之母”之称，广泛应用于尖端科技领域和军工领域。那么，稀土是如何被发现？又是如何开启新用途发现之旅？科技日报记者就这些问题采访了稀土分离技术方面的专家。

四个“世界第一” 我国可供应全部稀土元素

人们常把不溶于水的固体氧化物称为土，例如，将氧化铝称为“陶土”，氧化钙称为“碱土”等。事实上，稀土是镧、钪、钇等17种金属元素的总称。因为当时冶炼提纯难度较大，用于提取这类元素的矿物比较稀少，而且获得的氧化物难以熔化，也难以溶于水，也很难分离，且外观酷似“土壤”，而称之为稀土，这一名称从18世纪沿用至今。

稀土“大家族”有轻稀土和中重稀土之分。镧、铈、镨、钕、钷、钐、铕为轻稀土元素，亦称铈组稀土元素；钪、钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镥和钇为中重稀土元素，亦称钇组稀土元素。两者的元素原子电子层结构和物理化学性质，以及它们在矿物中共生情况和离子半径皆不同。

在应用上，轻稀土也被业内人士称为“假稀土”，虽然存量大、应用广，但价值相对低廉；而重稀土资源稀缺，可用于航天、军事、国防及新材料合成等高科技领域，价格昂贵，可替代性小。

据上述专家介绍，稀土元素在地壳中分布十分广泛，但是却很不均匀，其中稀土储量较多的，亚洲有中国、印度，北美有美国、加拿大，还有俄罗斯、澳大利亚、南非、埃及等几个国家。我国稀土矿藏丰富，雄踞着四个世界第一：资源储量第一，占23%左右；产量第一，占世界稀土商品量的80%至90%；销售量第一，60%至70%的稀土产品出口到国外；应用第一，大部分的稀土在供国内使用。

不仅如此，我国南方的离子型矿中有全球70%以上的重稀土资源，主要分布于我国江西、广东、福建、广西等省份，其重稀土高达30%—80%，是具有绝对竞争优势的战略资源。中国还是目前全球唯一可以供应全部稀土元素的国家。

充满历史性误会 “孪生兄弟”被当成“一个人”

稀土元素是在1794年，由芬兰化学家加多林从未知的矿化物发现的，即从硅铍钇矿中发现了“钇土”(氧化钇)。从1794年发现钇土开始，到1947年最后一个稀土元素钷被提取出来，前后共经历了150多年，期间充满了诸多历史性的误会。

上述专家介绍道，事实上，稀土元素最初被发现是这样被描述的：稀土的发现始于北欧，1787年业余矿物学家阿累尼乌斯在斯德哥尔摩附近一个名叫伊特比(Yteerby)的小村寻得了一块他从未见过的黑色矿石，就借用这个村名将其命名为Yteerite。1794年加多林声称从这种矿物中发现了一种新元素“钇土”，将其命名为Yteelium(钇)。

人们就把这一年看作是发现了第一个稀土元素“钇”的年代。其实，这是一种误会。因为，加多林当初发现的“钇土”并不是一种稀土元素，而只能说是“钇组稀土”混合氧化物。后来的科学家，又从这种“钇土”中相继发现了镱、铒、铥等重稀土元素。原来是当初的化学家们把这几个“孪生兄弟”都当成“一个人”了。同样的误会也发生在轻稀土身上。

在中国，最早的稀土矿发现于1934年，发现人是何作霖教授。之后，中国地质科学工作者不断探索和总结中国地质构造演化、发展的特点，运用和创立新的成矿理论，在全国范围内发现并探明了一批重要稀土矿床，并总结出中国稀土资源具有成矿条件好、分布面广、北轻南重、有价元素含量高、综合利用价值大等最基本的特点。

稀土元素中有15个“成员”源自一个庞大的“家族”——镧系元素，它们是元素周期表中第57号元素镧到71号元素镥15种元素的统称。

在物理性质上，镧系金属为银白色，较软，有延展性。活泼性较强，仅次于碱金属和碱土金属，需要隔绝空气保存。同时镧系金属是强还原剂，其还原能力仅次于金属镁(Mg)，其反应性可与铝相比。随着原子序数的增加，还原能力呈逐渐减弱的趋势，其电子逐渐排布在内层4f轨道，外层电子排布基本相同，因此这些“成员”的化学性质比较相似。

个个身手不凡 开启现代应用发现之旅

由于各种稀土元素的性质极其相似，又多以氧化物混合物的形式存在于各种复杂的矿物中，因此稀土元素的分离和提纯是一项极其困难的工作。直到1947年，美国科学家发明了用离子交换法分离稀土，并由著名学者斯佩丁改进了离子交换法工艺，制备出公斤级的纯净单一稀土，为研究各种单一稀土的本征特性和开发稀土的用途创造了基本的条件。人们逐步对稀土丰富的光、电、磁和核性质有所认识，为各种稀土功能新材料和新器件的研制和应用奠定了基础。

信息、生物、新材料、新能源、空间和海洋被当代科学家推为六大新科技群，人们之所以重视稀土、研究稀土、开发稀土，就是因为稀土每个成员均有特性，个个身手不凡，在高精尖端科技领域各显神通。目前，由稀土元素生产的稀土永磁、发光、储氢、催化等功能材料已是先进装备制造业、新能源等高新技术产业不可缺少的原材料，还广泛应用于电子、石油化工、冶金、机械、新能源、轻工、环境保护、农业等。

如镧能够应用到制备许多有机化工产品的催化剂中以及光转换农用薄膜，在国外，科学家把镧对作物的作用赋予“超级钙”的美称；铈的合金耐高热，可以用来制造喷气式推进器零件，作为玻璃添加剂，能吸收紫外线与红外线，还被用作优良的环保材料，应用到汽车尾气净化催化剂中，可有效防止大量汽车废气排到空气中。

钕的最大用户是钕铁硼永磁材料，以其优异的性能广泛用于电子、机械等行业，钕铁硼永磁体的问世，为稀土高科技领域注入了新的生机与活力。被称作当代“永磁之王”，其中阿尔法磁谱仪的研制成功，标志着我国钕铁硼磁体的各项磁性能已跨入世界一流水平。

在医疗上，钆的水溶性顺磁络合物，可提高人体的核磁共振成像信号；铥可用作医用轻便X光机射线源，用以制造便携式血液辐射仪，这种辐射仪放射出X射线照射血液并使白细胞下降，从而减少了器官移植早期的排异反应。由于对肿瘤组织具有较高亲合性，铥还可应用于肿瘤的临床诊断和治疗。

同时，稀土还可以作为优良的荧光、激光和电光源材料以及彩色玻璃、陶瓷的釉料。稀土离子与羟基、偶氮基或磺酸基等形成络合物，使稀土广泛用于印染行业。而某些稀土元素具有中子俘获截面积大的特性，如钐、铕、钆、镝和铒，可用作原子能反应堆的控制材料和减速剂。而铈、钇的中子俘获截面积小，则可作为反应堆燃料的稀释剂。

几乎每隔3—5年，科学家们就能够发现稀土的新用途，每6项发明中，就有一项离不开稀土。随着科学技术的发展，稀土科技领域的拓展和延伸，稀土元素将会有更广阔的利用空间。

稀土非土

在化学元素周期表中，稀土指的是镧系元素和钪、钇共17种金属元素的总称。

新知

海水升温 食物短缺 导致大批灰鲸死亡

近几个月来已有近70头灰鲸死亡并被冲到美国西部沿岸地区，如此大批的灰鲸搁浅已构成“不寻常的死亡事件”。

这些死去的灰鲸都非常消瘦。专家们初步判断，白令海和楚科奇海海水异常暖化导致的食物短缺，是它们死亡的原因。

自2016年以来白令海和楚科奇海的海面温度异常升高，海里的冰雪量处于前所未有的低水平。气候和生物学家认为，这种情况使白令海和楚科奇海的小型甲壳纲动物变少，影响了灰鲸的主要食物来源。 （据新华社）

鄂西“最高气温”频现 只因处于河谷小盆地

在这初夏时节，有不少公众说，世界气候变暖，现在北方反比南方热得早了。近日，湖北各地气温也表现出这一趋势。湖北省气象高级工程师黄智敏告诉记者，近日湖北高温天气排名结果：丹江口市第一，十堰市、郧西县第二，三峡第三。而且丹江口与三峡都是举世闻名的水利电力工程建设所在地，有人甚至说，这内中或有什么蹊跷？

其实，这与世界气候变暖关系不大，而且与水电建设也无关，因为鄂西北与鄂西山地河谷小盆地，历来就是湖北夏季极端高温的相对早发与多发区。

黄智敏说，丹江口等市区与三峡都处于鄂西山地河谷小盆地，晴好天气地面受热后，不易散热，不像江汉平原地势平坦开阔风大易散热。还有一个鲜为人知的道理，就是近段湖北省高空处于高压脊前西北气流控制，这种干燥下沉气流，因空气团下沉挤压具有一定的“绝热增温”效应。

（记者**刘志伟**）

趣图

身体变彩虹 变色章鱼形如海洋“飞毯”

在菲律宾朗布隆岛海岸，有人在夜间潜水时偶遇一对罕见的多色毯子章鱼。据外媒报道，这条在水中滑行的章鱼，身体变换着彩虹一样的缤纷色彩，穿梭于幽暗的深海中仿佛两条彩色的薄毯。变色章鱼的腕足间有着如同毯子一般的肌肉膜。当遇到危险的时候，它们会伸出腕足，张开巨大的“毯子”，试图吓跑入侵的掠食者。

（本版图片来源于网络）

像“吹糖人”一样“吹”出三维碳网络

第二看台

本报记者 **崔爽**

将中国传统民间艺术“吹糖人”与先进的纳米材料制备相结合，会擦出什么样的火花呢？哈尔滨工业大学(威海)材料科学与工程学院副教授周薇薇去年曾受“吹糖人”的启发，制出类似于“糖浆”的黏稠状前驱体，再将其快速加热并利用过程中产生的大量气体“吹”成二维纳米片。

近日，周薇薇课题组与该校海洋科学与技术学院教授朱永明课题组合作，将该方法进一步延伸，“吹”出了由二维碳纳米片和一维碳纳米管构成的三维碳网络，首次实现了一维和二维碳材料的同步、原位生长。该研究成果刊登在国际著名期刊《纳米尺度》上。

新方法工艺简单、绿色环保

据周薇薇介绍，常见的一维碳材料和二维碳材料复合结构的构建通常需要先合成二维碳材料作为基底，在二维碳材料上引入催化剂后，再进行一维碳材料的生长。“我们的新方法通过催化剂颗粒的预先引入，以及碳源的同步添加，可以在合成二维碳纳米片的同时，催化生长一层一维碳纳米管，也就是一维和二维碳的同步生长。”据周薇薇介绍，该方法实现了宏观上制备工艺的简化，由之前两步以及多步的合成工艺简化到一步合成，合成效率大幅提高。同时，该做法能充分地利用每种合成原料，原料利用率高，污染小，绿色环保。此外，该方法合成出来的材料是一个整体结构，避免了材料合成过程中经常遇到的相容性问题，整体结构更稳定、协同程度高，而并非两种单独材料的机械结合。

在这个过程中，材料界面相容性、复合材料结构构建、生产成本和环保性是团队需要跨越的“三道关”。“无论是材料体系的变化和催化剂的引入，都会面临材料不相容的问题，我们通过辅助模拟计算，最终选择了能使材料体系稳定并且催化剂能在其中均匀分布的体系。”周薇薇说。此外，团队选用的都是常见的、价格低廉的原料，成本低，反应简单无副产物，大大减少了试验过程中毒害物质的排放和后处理过程，实现绿色合成。

新催化剂将“纸张”变成“毛毯”

近几年来，可再生能源领域面临着无数的挑战和机遇。作为储能装置的锂离子电池和超级电容器在工业领域的应用极为广泛，然而由于常见的储能电极材料成本高昂、制备工艺复杂，产业化道路举步维艰。

对于储能材料而言，二维材料一直是研究人员关注的焦点。周薇薇告诉科技日报记者：“二维材料由于表面能较大，不可避免地会遇到堆叠的问题，这会大大降低材料的表面积，从而导致材料性能的急剧降低，而多孔二维材料同时还面临导电率差的问题。”

据她解释，如果把有丰富活性位点的二维储能材料看作一张张写满字的纸，当纸张堆叠在一起，纸张上的字就也被遮住了。因此，团队设想，要是能设计一种方法，将“纸张”变成“毛毯”就好了，“这样既保留了二维材料表面丰富的优势，又能有效通过中间缓冲层防止材料的堆叠”。

“因此，我们在之前工作的基础上，开辟了新的实验体系，探究了几十种实验方案，最终找到了能和催化剂稳定相容的体系。催化剂的存在不仅可以催化碳纳米管的生长，也有利于调控二维碳材料的尺寸。并且生长出的碳管不仅可以作为缓冲层，防止片层结构的堆叠，其优异的导电性也弥补了多孔二维碳材料导电性差的缺点。”周薇薇说。

储能之外新材料大有可为

采访中，研究人员表示：“目前用于储能设备的高性能电极材料的合成仍面临着成本和制备条件的制约。我们希望这种绿色环保、安全快捷的大规模制备工艺能够推动储能器件的应用，加速可再生能源的发展进程。”

周薇薇高兴地表示，测试证明，这种绿色环保、安全快捷的宏量制备方法制备出来的材料不仅在锂离子电池、钠离子电池、超级电容器等储能领域表现出性能优异，并且得益于材料优异的结构和性能，在水处理和电磁波的吸收和屏蔽领域也有巨大的应用价值。

据周薇薇介绍，接下来团队希望从内部优化和外部延伸两个方面安排研究计划：“一方面，我们需要通过进一步优化实验工艺条件和参数，探究在此体系内最合适的实验方案，最大限度地发挥材料的性能。另一方面，我们希望合成策略也不止步于此，并通过积极地外界沟通建立合作，延伸体系的覆盖范围，让我们‘吹出来’的材料及合成策略在更多领域发挥价值。”

扫一扫
欢迎关注
共享科学之美
微信公众号