



稀土农用技术丛书
第1集

稀土浅说

施元亮熊炳昆赖远生编著

中国农业科技出版社

稀 土 浅 说

施元亮 熊炳昆 赖远生 编著

组织编写单位：

稀土农用技术开发中心

中国有色稀有金属冶金学术委员会
金属学会

中国稀土稀土农业委员会

中国农业科技出版社

• • •
稀 土 浅 说

施元亮等 编著

责任编辑: 王涌清

封面设计: 马 钢

•
中国农业科技出版社出版 (北京海淀区白石桥路30号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

秦皇岛卢龙印刷厂印刷

•
开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 1.75 字数: 35千字

198 年 月第一版 198 年 月第一次印刷

印数: 1—4,000册 定价: 0.60元

ISBN 7-80026-062-3/S·37

内 容 提 要

《稀土浅说》是稀土农用技术丛书的第一集。它以配合稀土农用推广为目的，简要地介绍了稀土的一般知识，包括什么是稀土、稀土的资源、稀土的性质、稀土生产以及稀土在工业和农业上的应用等内容。

本书可供农业科技工作者及从事粮食、经济作物和果树、蔬菜生产的农户阅读。

编 者 的 话

为了使广大读者了解稀土在农业上的应用效果和使用技术，由稀土农用水技术开发中心、中国有色金属学会稀有金属冶金学术委员会和中国稀土学会稀土农医专业委员会，组织编写了一套《稀土农用水技术丛书》，由中国农业科技出版社出版发行。

《稀土农用水技术丛书》的主要内容有：稀土浅说、稀土对植物的生理效应和各种农作物施用稀土“农乐”的增产效果与应用方法。为了使用方便，本丛书将按作物与学科分类。其中有小麦、水稻、花生、大豆、甘蔗、甜菜、橡胶树、烟草、茶叶、棉花、苹果、葡萄、西瓜、菠萝、荔枝、香蕉、大白菜、辣椒、番茄、黄花菜、黄瓜、水仙花等共10集。

从1972年起，我国就开展稀土农用水研究，第六个五年计划期间，该项研究列为国家重点科技攻关项目，至1985年底，稀土农用水技术已取得22项的技术鉴定成果，并在1986年1月通过了国家级的技术成果验收。

农作物施用稀土“农乐”后，一般可增产5~15%，经济效益显著（每亩地使用稀土“农乐”20至100克左右，原料费用只需2角至1元）。这项新技术已在我国25个省、市、区大面积推广和示范应用，应用的区域和作物种类还在不断扩大，每年效益上亿元。

稀土不是什么“土”，它是元素周期表中第57号至71号元素加上铈和钇共17个元素的总称。农用水稀土主要是镧和钕元素的化合物，商品名叫“农乐”益植素，简称“农乐”。我

国有专门的工厂生产标准的产品，年销售量已达数百吨。

经过大量的测定，在天然的植物、动物和人体中，都含有微量的稀土元素，自古以来稀土元素已参加了生物链的循环。稀土“农乐”由卫生系统有关单位多年的卫生学实验研究和经专家鉴定证明，稀土对人畜和环境无害。作物施用适量的“农乐”后，有增产和改进品质的效果。

我国稀土资源十分丰富，工业储量相当于世界其它国家储量总和的好几倍，这为我国稀土农用提供了极有利的物质基础。

本书由郭伯生同志审阅。

《稀土农用技术丛书》编辑办公室

目 录

一、概述.....	(1)
二、稀土的资源.....	(8)
三、稀土元素的性质.....	(12)
四、稀土产品的制备.....	(20)
五、稀土在农业上的应用.....	(26)
六、稀土在工业及其他领域中的应用.....	(40)
结 语.....	(47)

一、概 述

(一) 什么是稀土

什么是稀土？你首先会这样问。

稀土是历史遗留下来的名称，从18世纪末叶才开始陆续被人们发现。当时，化学家常常把不溶于水的金属氧化物都称为“土”。例如把氧化铝叫做陶土，把氧化镁叫做若土，氧化钙稍溶于水、溶液呈碱性，而被称为碱土。稀土是以氧化物状态分离出来的，由于当时认为此类物质稀少，又不容易分离提取，因而得名“稀土”。

稀土元素是元素周期表中钪、钇和15种镧系元素的总称。其名称和化学符号是钪(Sc)、钇(Y)、镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钷(Pm)、钐(Sm)、铕(Eu)、钆(Gd)、铽(Tb)、镝(Dy)、钬(Ho)、铒(Er)、铥(Tm)、镱(Yb)、镥(Lu)。通常把镧、铈、镨、钕、钐、铕称为轻稀土元素或铈组元素；把钆、铽、镝、钬、铥、镱、镥和钇称为重稀土元素或钇组元素。

总之，像铜、铅、锌那样，稀土元素是一组有色金属元素。

(二) 稀土发现史话

稀土的首次发现，与一位瑞典军官有关，这位瑞典军官

就是卡尔·阿累尼乌斯，他也是一位化学家。1789年，他在斯德哥尔摩附近的一个小镇伊特比（Ytterby）发现了一块不同寻常的黑色矿石。1794年，芬兰化学家加多林研究了这种矿石，并从中分离出一种新的物质，3年以后（1797年），瑞典化学家爱克伯格又证实了这一发现，并用发现地名给这种新的物质命名为“钇土”（Yttria）。后来人们为了纪念加多林，又称这种矿石为加多林矿，即硅铍钇矿。

此后，从1803年德国化学家克拉普罗茨和瑞典化学家伯齐力乌斯和希森格尔发现铈土（Ceria），到1947年美国的马瑞斯克等人从铀的裂变物中得到钷，稀土的发现共经历了150多年（见表1）。

在发现稀土元素的过程中，值得一提的是钷的发现。因为远在1871年门捷列夫就曾预言它的存在，当时称它为“类硼”，而在8年后的1879年，尼尔森在分析黑稀金矿时果然发现了它而命名为钷。

（三）稀土为什么不“稀”

稀土并不稀少，这是近代科学和生产发展的结果。说稀土不“稀”的第一个根据是，稀土在地壳中的重量百分数（即通常所指的克拉克值）比普通元素要高得多。稀土元素在地壳中的总分布量为0.0153%，比钼、镍、锌、银、铜、汞等常见金属元素都要多。铈组稀土元素总量为0.0101%，钇组稀土元素为0.0052%。其中丰度最大的铈为0.0046%，其次是钇、铈、镧。钷的丰度最小，只有 4.52×10^{-24} 。表2是一些金属元素的克拉克值。第二个根据是稀土的生产和应用近年来有了巨大的发展。1987年世界稀土的产量（按氧化物计

表1 稀土元素发现简史

1794年	钇	加多林(芬兰)
1803年	铈	克劳普罗斯(德)
		伯齐力乌斯(瑞典)
		希生格尔(瑞典)
1839年	镧	莫桑德(瑞典)
1841年	镨钕混合物	莫桑德(瑞典)
1843年	铽、铒	莫桑德(瑞典)
1878年	铥	马里格纳克(瑞士)
1879年	钬	尼尔森(瑞典)
	铪	克利夫(瑞典)
	铈	克利夫(瑞典)
	钇	博依斯布兰德(法)
1880年	钪	马里格纳克(瑞士)
1885年	铈、镨	韦尔斯巴赫(奥地利)
1886年	镧	博依斯布兰德(法)
1901年	铈	德马克(法)
1905年	铈	尤贝思(法)
1947年	钆	马林斯基等(美)

算)超过45 000吨,其产品包括各种纯度的单一稀土金属、稀土合金、稀土化合物。应用领域包括冶金、石油化工、电子、机械、轻纺和农业等。钢铁、石油生产离不开稀土,一些国防尖端科学技术也需要稀土材料。

(四) 稀土和我们的关系

稀土与人类有着密切的关系,这个认识随着科学的进步、经济的发展越来越清楚。在自然界中,土壤里平均含稀土0.015~0.020%。北京地区的土壤中稀土氧化物的含量为

表2 稀土元素与部分金属元素克拉克值的比较 (重量%)

克拉克值较 稀土元素大的	铝 (8.8)	铁 (5.1)	钙 (3.6)
	镁 (2.10)	锰 (0.09)	锡 (0.04)
	钒 (0.15)		
稀土元素	铈 (0.0046)	钇 (0.0028)	钕 (0.00239)
	镧 (0.0018)	钆 (6.36×10^{-4})	镨 (5.53×10^{-4})
	铈 (5×10^{-4})	镱 (4.5×10^{-4})	铈 (2.66×10^{-4})
	铈 (2.47×10^{-4})	铈 (1.15×10^{-4})	铈 (1.06×10^{-4})
	铈 (9.1×10^{-4})	铈 (7.5×10^{-5})	铈 (2×10^{-5})
	铈 (4.5×10^{-24})	ΣRE (0.0153)	
克拉克值小于 稀土的元素	钼 (3×10^{-4})	钨 (1×10^{-4})	银 (1×10^{-5})
	汞 (7×10^{-8})		

0.0201%，安徽省为0.0195%，黑龙江黑钙土为0.022%，西北的红油土为0.021%左右。在植物中也含有稀土，这是人们共知的事实。早在1897年，国外就曾报道过在大麦、烟草和葡萄植株中含有微量稀土元素。近年来的分析结果进一步证明了这一事实。以小麦为例，从黑龙江采样的小麦，稀土含量为0.34~1.59ppm，河南采样的小麦为1.10~2.08ppm，美国采样的小麦为0.34~1.97ppm，澳大利亚的为0.47~1.71ppm，美国采样的玉米稀土含量为0.05~0.22ppm，黑龙江的为0.05~0.07ppm；大豆美国的是0.34~1.71ppm，我国江西的是0.26~0.30ppm。另外，从象牙海岸的可可豆、美国的奶粉、古巴的原糖中也检出微量稀土。不仅如此，人体中也有稀土，一般说来，人体中含稀土量约占人体总重量的0.007%，人发中稀土含量一般不大于1ppm，动物骨灰中含稀土约0.7~0.8%。一般湖水中稀土

为0.001ppm，而山东的井水采样含稀土0.003~0.06ppm。这些事实说明，土壤、水和动、植物体中都有极少量的稀土，稀土或多或少地与自然界生物圈的循环有关，至于参与的机制和道理，当然还有待深入研究和不断探索。

另外，稀土应用的历史虽然还不算长，但已经逐渐渗透到人们的日常生活当中了。目前稀土不仅在钢铁、有色金属、石油化工、机械制造业中大量应用，就是轻工、纺织、医药、农业等行业，也大量使用稀土。近年来，我国曾在北京举办过稀土国际博览会和全国稀土展览展销会。据不完全统计，以省和部为单位参加国际博览会的展团共28个，应用展品共1164项，2000多个品种，可见稀土的应用已遍及全国。

展出项目及产品之多，令人眼花缭乱，吃穿用琳琅满目。其中，稀土在农业和轻纺工业中的应用，是我国独具特色的项目。那硕大红润的苹果，晶莹剔透的葡萄，包心结实的大白菜，剑多花繁的水仙，味甜汁多的西瓜以及籽粒饱满的小麦、玉米、烟草、甘蔗、甜菜，都因施用稀土，而得到增产增收。

日用品方面，各色毛线应有尽有。用稀土染色的绒线色泽鲜艳、手感好，穿着时不起球。丝绸用稀土染色也有同样优点。用稀土鞣制加工的皮革制品，质地柔和、色泽美观，全部用于出口，供不应求。手表、相机、彩电、铝制品，灯具品种繁多。H型三基色荧光灯每瓦为80流明，效率大为提高，尤其是玻璃和陶瓷艺术品，造型优美，质地细腻高雅，可谓巧夺天工。其中，玻璃制品中有的可随光源变化成丁香色、粉红、紫红，令人眼花缭乱，这些都是稀土的功劳，说明稀土与我们的关系十分密切。

(五) 稀土在国外的应用概况

在国外，冶金、石油化工和玻璃陶瓷，一直是稀土应用的三大支柱。电子工业的用量虽少，但经济价值高。稀土最早用于处理汽灯纱罩，以增加汽灯的亮度。1935年，全世界生产和消费的白炽灯罩达50亿只，以后稀土逐渐用于电弧灯棒、打火石。50年代美英等国庞大的原子能开发计划为稀土工业的发展和应用带来了很大好处，从原子反应堆裂变产物中得到大量稀土元素，促进了分离技术的发展。随着石油裂化、催化用稀土分子筛以及彩色电视荧光粉的出现，促使稀土用量迅速增加。

1973年美国修建横贯阿拉斯加州的石油管道大量使用稀土，从而使冶金工业的稀土用量居于其他行业之首。60年代末，第一代钕钴永磁材料研制成功，最大磁能达23.5兆高奥。1983年问世的钕-铁-硼第三代稀土永磁材料，其最高磁

表3 国外近年各领域稀土用量和比例 (REO计)

年 度	1980		1981		1982		1985	
用 量 领 域	用 量 (吨)	所 占 比 例 (%)	用 量 (吨)	所 占 比 例 (%)	用 量 (吨)	所 占 比 例 (%)	用 量 (吨)	所 占 比 例 (%)
冶 金	8 171	33	8 765	32	4 989	22	6 240	25
石油化工	8 419	34	8 217	30	9 977	44	8 234	33
玻璃陶瓷	7 428	30	9 587	35	7 029	31	92 316	37
其 他	743	3	822	3	680	3	1 247	5
总 计	24 761	100	27 391	100	22 675	100	24 950	100

能积达36兆高奥，最好的可达49兆高奥。从第一代稀土永磁产品的出现算起，到第三代产品的更新，总共还不到20年的时间，稀土的年用量（按氧化物计）也增加了几百倍，目前国外年用量已达25000吨以上。表3是近年来国外稀土的用量和比例。

二、稀土的资源

(一) 稀土元素在地壳中的赋存状态

稀土元素在地壳中主要以矿物形式存在，其赋存状态主要有三种。第一种是作为矿物的晶格组成，从而构成矿石不可缺少的部分，独居石和氟碳铈镧矿就属于这种类型。第二种是稀土元素以类质同象置换的形式，分散并存在于一些造岩矿物和稀有金属矿物中，如萤石、磷灰石等。第三种是稀土元素以吸附状存在于矿物的表面或颗粒之间，如粘土矿物、云母矿物。我国江西省的龙南、寻乌地区的离子吸附型稀土矿就属这一类型。除此而外，地壳表面的微量稀土元素，还可以可溶状态存在，这是由于地壳长期风化的结果，地壳表面的一部分可溶态稀土，是植物体中稀土的重要来源。

(二) 稀土的主要工业矿物和矿床

已经发现的稀土矿物约有250种，具有工业价值的稀土矿物只有50~60种，而目前具有开采价值的只有10种左右。以镧、铈为主的轻稀土工业矿物，主要有氟碳铈镧矿和独居石。以钇为主的重稀土工业矿物，主要有磷钇矿、褐钇铋矿。

矿等。一般来说，国外轻稀土工业矿物中镧铈等轻稀土氧化物占95%以上；重稀土工业矿物中铈等重稀土氧化物占80%以上。表4列出了一些稀土工业矿物的化学式和组成。

表4 主要稀土工业矿物的主要成分

矿物名称	化 学 式	铈组氧化物 (%)	铈组氧化物 (%)
氟碳铈镧矿	$(\text{Ce}, \text{La})(\text{CO}_3)\text{F}$	60~70	~2
独居石	$(\text{Ce}, \text{La}, \text{Th})\text{PO}_4$	39~74	0~5
磷 钇 矿	$(\text{Y}, \text{Ce}, \text{Er})\text{PO}_4$	0~11	54~64
硅铍钇矿	$\text{Be}_2\text{FeY}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$	0~51	32~46
褐 帘 石	$(\text{Ce}, \text{Fe}, \text{Ca}, \text{Al})-\text{Si}_3\text{O}_{12}$	2~34	0~4
铈 矿 石		38~72	0~7
褐 钇 钮 矿	$\text{Y}(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_6$	1~8	31~37
钇 钪 矿	$(\text{Fe}, \text{Ca})(\text{Y}, \text{Er}, \text{Ce})(\text{Nb}, \text{Ta})_4\text{O}_6$	0~51	32~46

(三) 国外的稀土资源

目前国外公布的稀土储量约7000万吨，其中氟碳铈矿约占50.6%，独居石约占47%，其他矿物占2.4%左右。国外的稀土资源主要集中于美国、印度、巴西、澳大利亚和苏联等国。埃及、马尔加什、南朝鲜、加拿大和斯里兰卡、马来西亚等国也有。其中美国的稀土储量占55%，印度占29%，巴西占5.3%，澳大利亚占4.8%，苏联占4%。国外稀土储量见表5。

表5 国外稀土储量 (以氧化物计)

国 别		万 吨
美 国		507
印 度		300
巴 西		57
澳 大 利 亚		42
埃 及		12
马 尔 加 什		6
南 朝 鲜		5.4
加 拿 大		5
斯 里 兰 卡		0.6
其 他		~2
总 计		~1084

(四) 我国的稀土资源

我国稀土资源极为丰富，为世界上任何国家所不及，工业储量达3600万吨（按氧化物计）*。钪组和铈组稀土的储量约占世界首位，具有储量大、品种多、分布广的特点，稀土矿藏遍布全国十八个省（区）。工业开采的钪组（轻稀土）矿主要分布在内蒙古包头市的白云鄂博，它是铁、稀土多种矿物组成的矿床，因而包头被称为中国的稀土之乡。由于包头矿是由上百种矿物组成的大型复杂矿床，早在50年代，国家就重视并组织全国各有关部门的科技工作者，对包头稀土资源的综合利用进行科研攻关，经过多年的努力，已经取得

* 资料来源：Mining annual review 1987, P89.