

稀土资源 开发及应用

中国核工业总公司西北地勘局
二〇三研究所

6.5715
C18

核工业总公司稀土开发应用座谈会上一些领导的重要讲话摘抄

1988年10月25日至29日，总公司多种经营部在北京召开了稀土开发应用工作座谈会，近百名代表及十几位老专家出席了座谈会。陈肇博、李定凡副经理、国务院稀土领导小组成员、全国稀土专家组组长李东英、全国稀土办主任白洁等同志到会并讲了话。

陈肇博同志说：对搞稀土，我们应当有个长远观点，不是搞一、二年、也不是为当前转民救急，而是要以我们核工业的科技优势、攻关能力的优势、多学科联合作战的优势、大力协同，为我国的四化作贡献，同时也搞活我们的企业。要充分认识开发稀土的难度，要重视加强调研工作，积累信息、抓住重点、落实规划，起步阶段的调研工作可以把网撒大些，分成近、中、长期等几个层次进行调研。第一批可以搞些技术比较成熟的项目，尽快生产出能出口或替代进口的产品。

李定凡同志说：搞好稀土开发工作的关键问题之一是：加强联合，发挥整体优势，联合起来才能少花钱、多办事，办大事，增强竞争能力，作到迎头赶上后来居上。要有组织、有计划、有领导、有资金控制、有政策引导地促成联合，以资金投向及各种经济手段保证联合的逐步实现。联合是广义的、多层次的，可以以科研院所相互联合，生产厂与科研单位联合，生产单位间联合，与国内同行业联合及以引进先进技术、设备方式与国外的联合。

李东英同志说：搞铀系与搞钍系有很多相似之处，甚至比钍系更容易。因此，核工业部门搞稀土是驾轻就熟。在五、六十年代我国那样的科学技术和工业基础条件下，我们能搞出原子弹、氢弹等这样的尖端产

品，现在条件好多了，一定要有信心。发挥出核工业雄厚的技术力量，生产出国际上的名牌产品，为我国稀土工业在世界上争光。聂帅说得好我们中国人只要组织起来，是什么都可以做到的。组织起来，就是联合就是大力协同。核工业有大力协同的好传统，发扬这个优良传统，一定能在稀土开发工作中作出成绩。

白洁同志说：搞稀土，要发挥其二次效益。社会效益，经济效益不体现在稀土生产企业，主要体现在应用上。核工业的技术力量强，装备水平高，针对国内稀土应用差的具体情况，除了能搞稀土生产以外，主要力量应着眼于稀土的应用产品开发；在研究新的稀土元素的应用和稀土元素新的应用领域方面多做工作。最好“一条龙”式地开发，如从氧化钇、氧化铕到灯具全包下来，不与别人争市场、争原料，对国家贡献大，效益也好。稀土在尖端科学技术方面的应用，核工业大有可为。

总公司多种经营部付主任张镛同志说：稀土与铀工业工艺相近、技术相通，核工业在长期军工生产中积累的分离技术、设备制造技术和分析测试手段都与稀土工业十分相似；核工业系统在调整转民、建设军民结合型新体制过程中，已建立了两条稀土生产线，积累了一定的技术经济实力；核工业队伍在为稀土工业改进装置、优化冶炼工艺、研制萃取剂、实现在线分析和自动控制等方面，都具有相当的优势和基础。当前的任务是，制定统一规划，加强宏观指导，发挥核工业整体优势，为发展我国稀土工业做出贡献。

转自《核工业通讯》总51期

前 言

稀土资源在我国十分丰富，保有储量占世界首位。稀土矿产已成为我国重要的创汇产品。稀土金属在冶金、化工、石油、玻璃、核工业、电子工业、医疗、农业等方面都获得广泛的应用，被誉为现代工业的“味精”，专家们预测将迎来一个稀土工业兴盛时期，特别是当低温超导材料研究发展迅猛，不久将会出现一个新兴的产业部门时，稀土需求将出现更为广阔的前景。因此，许多人渴望了解它，开发它。我们编辑这本《稀土资源及开发应用》小册子，旨在从稀土元素地化性质、重要矿床类型及特征、稀土元素的测定、选矿及稀土提取工艺、稀土开发应用等方面提供较为全面系统的资料与信息，供地质、分析测试、矿冶工艺及工农业等有关部门进行稀土资源研究及开发应用参考。

本书的编写得到核工业西北地勘局大力支持，并在所领导组织下进行的。全书共分五章，第一、二章由夏同庆编写；第四、五章由陈振昌编写；第三章由信文瑞编写；并且分别蒙高级工程师熊福清、李楷之、刘家俊、张兆祥初审，全文由研究员级高工施文静审查。

由于我们的水平有限，编写仓促，错误之处在所难免，请读者批评指正。

二〇三所《西北铀金地质情报》编辑部

1988年12月

目 录

第一章 稀土元素地球化学性质和稀土矿物·····	(1)
第一节 稀土元素的地球化学性质·····	(1)
第二节 稀土矿物及其鉴定·····	(4)
第二章 稀土矿床类型及主要地质特征·····	(8)
第一节 富含稀土的碳酸岩矿床·····	(9)
第二节 风化壳离子吸附型稀土矿床·····	(11)
第三节 与碱性岩有关的稀土矿床·····	(14)
第四节 与花岗岩有关的铈钽稀土矿床·····	(15)
第五节 与伟晶岩有关的稀土矿床·····	(17)
第六节 与变质岩有关的稀土矿床·····	(17)
第七节 风化壳型砂矿、现代冲积砂矿和滨海砂矿·····	(18)
第八节 与铝土矿、磷块岩和铀相伴生的稀土资源·····	(20)
第三章 稀土元素的测定·····	(21)
第一节 试样的分解及稀土元素与伴生元素的分离·····	(21)
第二节 稀土元素测定方法简介·····	(22)
第三节 稀土总量的测定·····	(22)
一、重量分析法·····	(22)
二、容量分析法·····	(24)
三、分光光度法·····	(26)
第四节 稀土分量的测定·····	(28)
一、离子交换ICP - AES法·····	(28)
二、P 507 萃淋树脂分离ICP - AES法·····	(29)
第四章 选矿及稀土提取工艺·····	(30)
第一节 选矿及稀土提取工艺过程·····	(30)
第二节 白云鄂博混合型稀土矿石选矿及稀土提取工艺流程·····	(32)
第三节 独居石矿床选矿及其稀土提取工艺流程·····	(34)

第四节	离子吸附型稀土矿提取稀土的工艺流程·····	(35)
第五章	稀土应用及产供销概况·····	(40)
第一节	稀土元素应用简介·····	(40)
第二节	国内外稀土储量及生产量·····	(44)
第三节	稀土的供销及预测·····	(45)
第四节	开发稀土产品的经济效益·····	(47)
附 录	·····	(54)
一、	矿床规模·····	(54)
二、	一般工业要求·····	(54)
三、	矿床工业要求实例·····	(56)
四、	独居石等精矿标准·····	(57)

第一章 稀土元素地球化学性质和稀土矿物

稀土元素是指原子序数为21的钪(Sc)、39的钇(Y)和57的镧(La)至71的镥(Lu)等十七个元素。1791年从硅铍钇矿中找到“钇土”。稀土元素最初是从相当稀少的矿物中以氧化物的形态发现的,那时一般把氧化物称为“土”,又稀少,故称稀土。稀土元素通常用REE或TR表示。

根据稀土元素地球化学性质的相似性和差异性,以及矿物处理或分离工艺的需要,往往将镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钷(Pm)、钐(Sm)、铕(Eu)划为轻稀土;把钆(Gd)、铽(Tb)、镝(Dy)、钬(Ho)、铒(Er)、铥(Tm)、镱(Yb)、镥(Lu)、钇(Y)称为重稀土。也有将钐、铕、钆、铽、镝、或仅将钐、铕、钆单独划出称作中稀土。

第一节 稀土元素的地球化学性质

一、稀土元素的紧密共生性

在元素周期表中,钪、钇、镧分别是第四、五、六长周期中过渡元素系列的第一个元素,在天然条件下主要呈三价状态,因而化学性质有一定的相似性。特别是从镧开始原子序数为57~71的15个元素,在原子结构、化学和晶体化学性质上的相似性和连续性,使得它们在周期表中共占一格的位置,而被称为镧系元素。它们在自然界往往紧密共生和具有共同的地球化学行为。

在镧系元素中,随着原子序数的增加,所增加的电子并不充填在电子壳层的最外层,而充填在内层。这样,电子层数和最外层电子数保持

不变，这就决定了它们的离子形式一样，在自然界同其它元素作用时，具有共同的价态(3^{+})，同时随着原子序数的增加，三价镧系元素的离子半径从镧到镥，非但没有增大，反而减小，这种现象称之为“镧系收缩”。“镧系收缩”导致稀土元素的离子半径相近似，其电离势及负电性也相近，也导致镧系元素的同族、上一周期的元素铯的半径，位于镧系元素系列之中。这就是它们相似性以至共生性的原因。

稀土元素性质相近但不完全相同，它们的许多性质，例如离子半径、电子能级等有近乎连续而细微的变化而引起了某些性质上的差异。如稀土元素从镧到镥酸性增强，碱性减弱，导致其吸附能、络合能、迁移能的差异。在长期的地质作用中可以产生某些分离，形成不同类型稀土配分的地质体。人们也可以根据不同的需要，利用这些差异来分离出个别的稀土金属。近来，许多研究者通过地质体中的稀土配分(分馏、分异)研究，阐明地球演化、岩浆起源和矿液来源等问题，获得了巨大的成功。

二、稀土元素的分布

稀土元素并不稀少，在自然界有着广泛的分布，普遍存在于所有岩石、沉积物和水圈中。地壳中的稀土元素丰度为 0.0158% ，比一些常见元素还要多，如比锌大三倍，比铅大九倍，比金大三万倍。就单一元素来说，其丰度也和一些常见元素相当，如铈接近于锌、钇、钕、镧接近于钴和铅，甚至丰度较低的铈也比银和铋的丰度高。稀土元素在各类岩浆岩中的含量见表1。

表1 岩浆岩中稀土含量

岩石类型	TR ₂ O ₃ (%)
碱性岩	0.021
花岗岩	0.025
中性岩	0.013
基性岩	0.0085
超基性岩	0.00045

由表可见花岗岩和碱性岩是稀土矿化最有利的母岩。

在稀土元素中，丰度最高的是铈，其次是钇、铈、镧。铈族（轻）稀土和钇族（重）稀土的丰度相比，前者明显多于后者。稀土元素在自然界的分布还有一个明显的规律，钇和镧系元素中原子序数为偶数的元素其丰度较相邻的奇数元素的丰度大。

三、稀土元素的赋存状态

稀土元素在地壳中主要有下列三种存在形式：

1. 参加矿物晶格，含量高构成矿物的必不可少的成份，这类矿物通常称为稀土矿物。独居石、氟碳铈矿、磷钇矿、褐钇铈矿等矿物即属此类，是目前工业利用的主要对象。

2. 以类质同像代换（钙、锶、钡、锰、锆、钍等）形式进入其他矿物晶格，分散在许多造岩矿物、副矿物和某些稀有矿物中，如磷灰石、萤石、斜长石、角闪石、辉石、黑云母等。其中的稀土同样可被利用，但更主要的是在热液或风化作用过程中，它们易于析出，在适宜的条件下产生富集。

3. 稀土元素以简单阳离子形式呈吸附状态存在于某些矿物（如粘土矿物、蚀变云母类矿物）的表面或粒间，这部份稀土由于易于提取而被作为稀土的重要来源之一。

四、地质作用中稀土元素的性状

稀土元素是典型的亲石元素，在岩浆作用中稀土元素析出较少，趋向于晚期富集，其含量由超基性岩至酸性岩和碱性岩中逐渐增高，花岗岩特别是钠质火成岩类（包括超基性—碱性—碳酸岩和辉长—碱性岩类等）的碱性岩中的含量达到最高。伟晶阶段特别是热液阶段，稀土元素可大量析出，常富集成有工业意义的矿床。在空间上和成因上与霞石正

长岩、碱性正长岩和碱性花岗岩有关的气成—热液中稀土具有重要意义。和许多稀有元素矿化不同，在气成—热液作用中，稀土主要聚集在钠长岩与碳酸岩中，而在云英岩与矽卡岩中很少形成工业富集。

在沉积作用中，稀土元素仅在某些类型的沉积岩如磷块岩、铝土岩中含量偏高，稀土元素和磷及三氧化二铝呈同步消长关系，但均未见到稀土独立矿物，这可能和沉积成岩以至后生过程中的类质同像代换有关。

在低中级变质作用中，稀土元素一般不发生迁移，在变质作用强烈或时间很长时才发生迁移。变质岩中仅在某些混合岩和混合花岗岩中见有稀土矿化，稀土矿化的产生与混合岩化的一定交代阶段相关联。如我国东北某地混合岩中的硼—铁—稀土矿床，其稀土矿化即为混合岩化热液第四阶段的交代产物，

在表生作用中，稀土元素一般不容易迁移，多为就地富集。这里分两种情况，一种是独居石、磷钇矿等晶格能较高的稀土独立矿物，在外生作用中很稳定，结果易于形成风化壳型砂矿床。另一种是氟碳铈矿、菱氟钇钙矿等晶格能较低的稀土矿物和分散在造岩矿物中的稀土元素，在表生作用中很容易释放出三价稀土离子，在含矿岩体或岩层的风化壳中形成风化壳离子吸附型稀土矿床。

第二节 稀土矿物及其鉴定

目前世界上已知的稀土矿物约150余种，含有稀土元素而不成稀土独立矿物的就更多了。稀土含量高、加工工艺比较简单、在自然界又有大量聚集、目前能为工业所利用的只有十来种，如独居石、氟碳铈矿、菱氟钇钙矿、稀土烧绿石、磷钇矿、硅铈钇矿、褐钇铋矿、褐帘石、硅铈钇矿和易解石等，其中最主要的是前二种。

稀土矿物中除稀土元素外往往还含有多种可利用的稀有和放射性等元素。

一、稀土矿物分类

1. 稀土矿物按化学成份大致可以分为九类

(1) 氟化物, 如钇萤石($\text{Ca,Y}(\text{F},\text{O})_2$)、氟铈矿($\text{Ce,L a,N d}\text{F}_3$)等。

(2) 碳酸盐及氟碳酸盐, 如氟碳铈矿(CeCO_3F)、氟菱钙铈矿($\text{CeCa}(\text{CO}_3)_2$)。

(3) 磷酸盐, 如独居石($\text{Ce,L a,N d}[\text{PO}_4]$)、磷钇矿(YPO_4)。

(4) 硅酸盐, 如硅铈钇矿($\text{Y}_2\text{FeBe}_2[\text{SiO}_4]\text{O}_2$)、褐帘石($(\text{Ca,Ce})_2(\text{Fe,Al,Mg})_3[\text{SiO}_4][\text{Si}_2\text{O}_7]\text{O}(\text{OH})$)、硅铈钇矿($\text{Ce}_4\text{Fe}_2\text{Ti}_3[\text{Si}_2\text{O}_7]_2\text{O}_8$)。

(5) 氧化物, 如褐钇铈矿(YNbO_4)、易解石($(\text{Ce,Th,Y})(\text{Ti,Nb})_2\text{O}_6$)、稀土烧绿石($(\text{Ce,Y,U,Ca,Na})_{2-x}\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH})$)。

(6) 砷酸盐, 如砷钇矿($\text{Y}[\text{AsO}_4]$)。

(7) 硼酸盐, 如水铈钙硼石($6(\text{Ca,Na}_2)\text{O}\cdot\text{Ce}_2\text{O}_3\cdot 12\text{B}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$)。

(8) 硫酸盐, 如水氟钙钇矾($\text{YCa}_3\text{Al}_2(\text{SO}_4)\text{F}_{13}\cdot 10\text{H}_2\text{O}$)。

(9) 矾酸盐, 如矾钇矿($\text{Y}[\text{VO}_4]$)。

上述九类中, 硅酸盐和氧化物类占大多数, 稀土工业矿物绝大部分属前五类, 其中以氟碳酸盐、磷酸盐和氧化物类最重要。后四类为数很少。

2. 稀土矿物按稀土配分分类

稀土元素在各类矿物中有密切共生关系, 往往同时存在于同一种矿物中, 但许多情况下并不是等量存在, 据此可分为:

(1) 完全配分型。在这类矿物中, 钕族稀土和钇族稀土的含量相差无几, 如铈磷灰石、钇萤石。

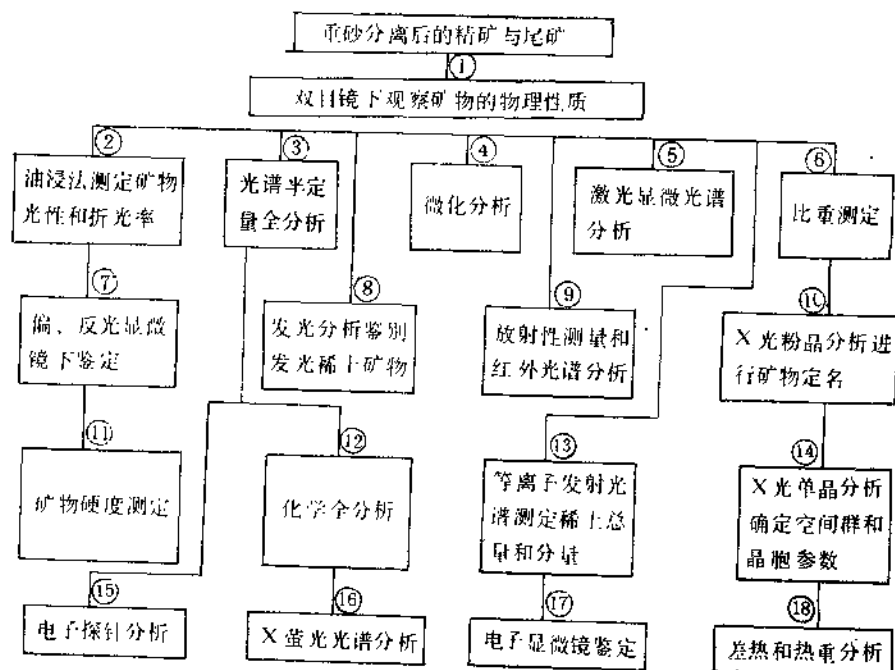
(2) 选择配分型。(a) 富钕族稀土的矿物。在这类矿物中, 钕族稀土大大超过钇族稀土, 如氟碳铈矿、独居石、易解石。(b) 富钇族稀土矿物, 如磷钇矿、褐钇铈矿、氟菱钙钇矿。

一定种类配分的稀土矿物或含稀土矿物的分布，决定存在着一定种类稀土配分类型的岩石乃至稀土矿床。

二、稀土矿物的鉴定方法

稀土矿物的鉴定方法和一般矿物的鉴定方法大致相同，但稀土矿物通常粒度细小、成份复杂、鉴定起来比较困难，常需借助多种综合手段和岩矿鉴定人员的帮助，才能准确定名。

表2 稀土元素矿物鉴定方法与程序



稀土矿物在普通薄片上不易见到，或者即便见到由于粒度细小也难以鉴定，此时就需要提取稀土单矿物，其程序是先对矿石进行破碎、经重选、电选、电磁选等方法富集稀土重矿物。然后对其进行详细鉴定，它包括双目镜下观察、比重测定、油浸法测折光率、差热分析、X光粉晶分析、各种目的化学分析等，以确定矿物的晶体结构、物理性质、化学成份和稀土配分。具体鉴定方法和程序见表2（见第六页）。

三、稀土矿物的一般特征

前已述及，要准确鉴定稀土矿物比较困难，尽管如此，仍然有一些明显的特征可以帮助我们去识别它们。在实际工作中，往往是先了解到岩石中稀土元素含量高时，再运用下述特征，可大致定出稀土矿物的类别。

1. 颜色 富铈族稀土的矿物，一般均呈带有各种色调的褐色，其氧化物和硅酸盐类呈暗褐—黑色，氟化物、碳酸盐和氟碳酸盐及磷酸盐一般呈浅褐色至浅黄色。富钇族稀土矿物的颜色比铈族稀土矿物要浅一些，其中含水碳酸盐和磷酸盐还常具有白色色调。

2. 光泽 多为玻璃、油脂光泽，氧化物类呈金刚光泽和半金属光泽。

3. 透明度 一般均透明，只是程度上有所差别而已。这里所指透明，是在偏光显微镜下观察薄片时属透明矿物之列，正因为如此，才得以能观察它的光学性质并加以鉴别和研究。

4. 比重 一般较大，多在3.5—5.5范围内，只有极少数如方铈石达7以上，比重小于3的为数也很少。

5. 折光率 稀土矿物的折光率范围很宽，从小于1.5到大于2.0，但多数较高，介于1.6到1.8之间，一些氧化物类稀土矿物，如易解石、褐钇铋矿可大于2.0。

6. 硬度 除含水的稀土矿物硬度较小(约2~3)外,大多数硬度较大,稀土氟碳酸盐和磷酸盐类约4~5,硅酸盐和氧化物类多为5~6,大于6的有硅铍钇矿、褐钇铈矿、褐帘石、硅铈钇矿。

7. 似晶化现象(或称变生状态) 许多稀土矿物由于含有铀、钍等而具有放射性,使矿物发生似晶化现象,即保留晶体外形却失去了晶体的特征。表现为矿物变为无解理、贝壳状断口,一般沥青光泽,有时玻璃光泽。矿物在X光粉晶分析时,变为非晶质,当加热至400~900°C后才恢复结晶状态,这种特征是稀土矿物有效的鉴定方法之一。

第二章 稀土矿床类型及主要地质特征

稀土矿化广泛产于内生和外生多种地质环境之中,有前景的稀土资源的广泛分布以及地质产状的多样性,以致很难简单地将它们分类,从世界范围看,目前稀土主要来自与碱性—碳酸岩有关的矿床和砂矿床。

我国的稀土资源具有储量大、分布广、类型多、矿种全(指可利用的稀土工业矿物和稀土元素配分种类齐全)和综合利用价值高五大特点,开发稀土资源有着得天独厚的优势。

目前国内外已开发的稀土矿床工业类型主要有以下几种,其中前两种是我国目前主要利用的类型。应该指出的是,大部分稀土矿床都是综合性的、可以同时获得多种有用元素,从而使它们具更高的经济价值。

1. 富含稀土的碳酸岩型矿床
2. 风化壳离子吸附型稀土矿床
3. 与碱性岩有关的稀土矿床
4. 与花岗岩有关的铈、钇、稀土矿床

5. 与伟晶岩有关的稀土矿床
6. 与变质岩有关的稀土矿床
7. 风化壳型(独居石—磷钇矿)砂矿床、现代冲积砂矿床及滨海砂矿床。
8. 与铝土矿、磷块岩和铀相伴生的稀土资源

第一节 富含稀土的碳酸岩矿床

这一类型矿床规模巨大,如我国的白云鄂博矿床,其稀土资源总量占全国保有储量的90%。美国的芒廷帕斯矿床占整个资本主义世界总储量的25%。在美国西部、苏联西伯利亚和东非裂谷带内的一些地区也有分布。近年来,我国湖北的庙垭、竹山,甘肃的桃花拉山以及攀西裂谷北段的牦牛坪等地也找到了这类矿床。

碳酸盐型稀土矿床中的碳酸岩是指空间上和成因上与复杂的超基性—碱性岩浆杂岩体密切共生的方解石、白云石和其他碳酸盐的内生堆积体。一般说,碳酸岩是复杂杂岩体的一部份,这种杂岩体是从超基性岩到碱性岩形成过程中演化而来的。碳酸岩由于往往集中分布钽、铌、稀土及相当数量的铁、钛、磷等矿产而引起人们广泛的注意。其岩浆活动的顺序往往是硅酸盐岩浆侵入在前,碳酸盐岩浆活动略后。前者是碱性超基性岩浆的分异,依次为霞石正长岩—正长岩—花岗正长岩—富钾花岗岩;后者的演化顺序是方解石碳酸岩—白云石、铁白云石碳酸岩—菱铁矿碳酸岩,最后常为富赤铁矿和磁铁矿的流体。

此类稀土矿床的成矿环境要求有多期的岩浆活动,岩浆后期及碳酸岩浆的交代结晶作用。

找矿的实践证明,在遭受碳酸盐化的超基性—碱性岩中铈和稀土的含量偏高是一个可靠的普查标志,表明有含矿的碳酸岩存在。

矿床中稀土元素的存在形式均为独立矿物形式,以氟碳铈矿为主,

部份是氟碳铈矿和独居石并重。稀土配分多以铈族稀土为主, $\Sigma\text{Ce}:\Sigma\text{Y}=6-50$, 最高可达100。

矿床实例 I 内蒙包头白云鄂博稀土、铈、钼、铁矿床

该矿床为我国最大的稀土资源基地, 也是我国最大的稀土生产和科研基地。位于内蒙地轴与内蒙—大兴安岭海西褶皱带的过渡带上, 矿床富含稀土及铁、铈、钼、氟、磷、锰、钡、硫等元素。

含稀土建造由透镜状铁矿群及其下盘白云岩和上盘富钾岩石组成, 经研究, 它们是一套海相火山沉积物。主要脉石矿物有白云石、方解石、铁白云石、微斜长石、钠长石、霓石和钠闪石等, 矿石矿物有磁铁矿、赤铁矿、氟碳铈矿、独居石、易解石等。矿床各类矿石均富轻稀土而贫重稀土, $\Sigma\text{Ce}:\Sigma\text{Y}=70-80$ 。稀土元素绝大部分呈独立的稀土矿物形式存在, 仅有不足10%分散于铁、铈等矿物中。据估计, 稀土氧化物储量有3500万吨之巨。此种存在形式, 加上矿物颗粒过细, 矿物成份复杂, 给提取带来困难。但由于其规模巨大同时又有多种有益元素可以综合利用, 目前仍为我国稀土的最主要来源。因此, 加强对该类矿床开发利用的研究, 充分发挥我国稀土资源优势, 迅速走向世界, 是当务之急和我国科技工作者义不容辞的责任。

从元素组合、矿物成份、岩石组合及稳定同位素特征, 均与国外碳酸岩型矿床相似, 但它产于白云鄂博古海槽内, 为一与海相火山沉积有关的稀土碳酸岩矿床。富含稀土等碳酸盐物质主要呈气液形式, 沿深断裂不断上升喷溢, 在不对称的狭长古海盆内沉淀聚集成矿。

矿床实例 II 美国芒廷帕斯碳酸岩型氟碳铈矿—独居石矿床

该矿床是北美最大的稀土矿床, 除稀土外还顺便回收重晶石和钍。

矿区岩石主要为前寒武纪变质岩, 包括石榴石云母片岩和片麻岩、角闪石片麻岩、角闪岩、花岗片麻岩和混合岩。侵入岩有正长辉长岩、正长岩和花岗岩等, 其同位素年龄为8亿4千万到9亿5千万年, 呈不规则形态的大岩株和小岩墙, 侵入于古老的变质岩中。矿体主要见于正长辉长岩—正长岩岩株附近的变质岩中, 可分为岩株状碳酸岩矿石、岩脉状碳酸岩矿石和稀土、钍矿化的破碎带矿石三类, 以第一类规模最大。矿

石矿物主要为氟碳铈矿、独居石两种，还见有氟菱钙铈矿和褐帘石等。

矿石稀土氧化物 (TRO) 含量一般为 5—15%，平均约 7%，局部可达 40%。品位 7.68% 的矿石储量有 4 千万吨。

矿床成因被认为是：碳酸岩是富钾岩浆结晶分异晚期残存的富含 CO_2 、TR、Ba、F 等元素之流体结晶而成，而岩浆早期的结晶作用则形成正长辉长岩、正长岩、花岗岩和正长辉长岩墙。

第二节 风化壳离子吸附型稀土矿床

这类矿床是七十年代以后陆续发现的一种新类型，其独特之处在于稀土元素呈阳离子状态吸附于粘土类矿物表面或粒间。这类矿床具有规模较大、品位富、矿化均匀、埋藏深、易采选和成本低的特点，同时这类矿床多数是富含市场紧俏的重稀土元素，现正迅速成为我国提取稀土的重要来源之一。它在我国的南方江西、湖南、广东和广西省有相当广泛的分布。

近 20 年来，我国寻找离子吸附型稀土矿上了三个台阶，70 年代先从花岗岩风化壳中找到了重稀土类型矿床。数年后，在火山岩风化壳中找到了轻稀土类型的矿床，最近又在混合岩中找到以中稀土类型为主的矿床，预示着离子吸附型稀土矿的找矿有着广阔的前景。

本类矿床多产于火岩基的舌状突出部位和靠近岩体的内接触带的风化壳中。矿床形成取决于母岩体原岩中稀土元素的丰度和它的配分类型、赋存状态以及风化壳的发育程度，当然，具体的地质构造条件对具体矿床的形成也是不可缺少的条件。首先原岩中稀土元素的丰度要高，例如我国南方风化壳离子吸附型稀土矿床所依附的酸性火山岩和花岗岩，稀土含量为酸性岩克拉克值的 1—4 倍。原岩稀土的配分类型也制约着风化壳矿化层中稀土元素的矿化种类，此种制约关系表现为：风化壳在发育过程中既继承着原始的配分类型，同时也随地质条件的变化，进行着