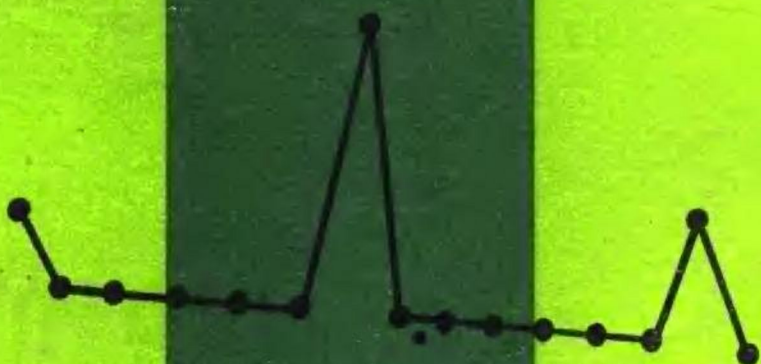


Theoretical and Applied Researches
on Rareearths in China

中国稀土理论与 应用研究

肖纪美
霍明远 主编



高等教育出版社

中国稀土理论与应用研究

肖纪美 霍明远 主编

高等教育出版社

(京)112 号

内 容 提 要

本书是经济地质学丛书中的一部,是一部有关稀土资源成因理论及开发应用方面的具有系统性、创造性和代表性的科学专著。本书以中国第二届稀土学会年会论文报告中有关论文为基础,分为五个方面进行论述。

第一篇 稀土基础理论,共选入 17 篇论文。汇集了我 80 年代末有关稀土基础理论研究的最新成果。第二篇 稀土原材料,共选入 10 篇论文。系统地介绍了主要稀土原材料的制备方法。第三篇 稀土资源综合开发应用,共选入了 29 篇论文,综合性地反映出稀土资源在工业、农业、林业、畜牧业和医学等领域的最新应用成果。第四篇 稀土资源开发的环境负效应和对策,共选入 8 篇论文,深入地研究了稀土资源开发过程中对人类与环境的影响,并提出了相应的防范与治理措施。第五篇 稀土市场及其相关产业政策研究,选入 3 篇论文,创造性地提出了维持已有的稀土市场,努力开拓新市场以及资源要保护的政策性建议。

本书可供从事稀土资源理论与应用研究的科技人员、大专院校相关专业师生和资源管理机构专业干部参考。

中国稀土理论与应用研究

肖纪美 霍明远 主编

*

高等教育出版社出版

高等教育出版社激光照排技术部排印

新华书店总店北京科技发行所发行

开本 850×1168 1/32 印张 16.75 字数 430 000

1992 年 7 月第 1 版 1992 年 7 月第 1 次印刷

印数 0001—1500

ISBN7-04-003866-8/O·1131

定价 20.00 元

序

继 1980 年第一届中国稀土学会年会以来,历经十载,终于在 1990 年召开第二届全国稀土年会。第二届年会与会代表一千多人,共收到论文近千余篇,可谓盛况空前。这一千多篇论文所涉及的范围很广,包括稀土基础理论、原材料、资源综合开发应用、资源开发的环境副效应和对策以及市场及其相关产业政策研究等。

编者为了充分反映现阶段我国稀土资源开发的特点和水平,从这次大会收到的论文中,选择具有代表性的论文 66 篇,分门别类编成《中国稀土理论与应用研究》,由高等教育出版社出版,这确是一件值得庆贺的事。

《中国稀土理论与应用研究》一书的特点首先是系统性。我国出版有关稀土方面的书不多,这样从稀土理论研究一直到开发应用与市场和相关产业政策进行系统地综合性研究的专著更少。

该书另一个特点是创造性。被选入的论文大多是近十年来具有创造性的研究成果,无疑为该书具有创造性奠定了基础;同时,该书在编辑上也具有创造性,主要体现在每一篇文章之前都有一个概括性、总结性及启发性的综述,不仅介绍该篇文章主要内容,而且回顾过去展望未来,提出今后的发展方向,所以它不同于一般的论文集,此其一;其二是一般论文集都是按专业组合进行分篇,而该书显然是一种有目的有选择地从专业基础到产业政策等进行有机的结合,完全按专著的完整思路进行择优选材,别具匠心。

该书还有一个特点就是代表性。从被选入的论文内容看,无论是稀土基础理论研究,还是开发利用等方面的介绍,都基本上代表

了我国 80 年代末有关稀土资源开发的最新水平。

承蒙主编不弃,要我作序,特书此以寄读者。

中国科学院副院长:

王佛松

学 部 委 员:

一九九二.三.廿五

目 录

绪 论	(1)
-----	-----

第一篇 稀土基础理论研究

一、稀土元素的一般特征(13)	霍明远
二、世界稀土资源的对比研究(31)	霍明远
三、稀土元素成矿模式与找矿方向(37)	霍明远
四、次生稀土矿床成矿地质条件及矿床物质 成分特征初探(48)	李钟发
五、熔盐体系中某些稀土元素的 电化学(52)	赵敏寿 常开国 张小联
六、氯化物熔盐中, Nd^{3+} 在液体 Ga 电极上沉积的 电化学行为(60)	苏明忠 杜森林
七、Cu—Ce—S, Cu—Y—S 溶液体系热力学 性质的研究(67)	李国栋 杜挺
八、 $\text{La}(\text{Fe}_x\text{Al}_{1-x})_{13}$ 合金的热力学 性质的研究(72)	徐秀光 王常珍 李光强 明宪权
九、合金相中元素之间的交互作用强度及其在 稀土铝合金中的应用(79)	王经涛 崔建忠 马龙翔
十、稀土铝合金的阳极性能(85)	朱松然 张小磊
十一、稀土高强镁合金 MB26 的性能及组织研究(89)	鲁立奇 陶国
十二、钇对镁合金显微组织的 影响(95)	李亚国 张继东 刘海林 鲁立奇 张少卿
十三、氯化物熔体里钐铈的作用(102)	张长鑫 刘鸿涛
十四、稀土氮杂大环配合物的 研究(110)	金天柱 郑智平 徐光宪 林秀云 韩玉真
十五、复合阴离子稀土穴醚配合物的分子和晶体结构研究(116)	李月军 朱其秀 许振华 徐光宪 韩玉真 马耕生

十六、镧系离子 Gd^{3+} 的顺磁共振

研究(122)..... 刘清亮 谢波平 孔峥嵘 余华明

十七、低价稀土卤化物研究(128)..... 王世华

第二篇 稀土原材料

十八、串级萃取理论发展的十五年(138)..... 徐光宪 李标国

十九、金属铈和钪的制备工艺研究(144)..... 李作顺 刘期虎 杨广禄

二十、钙热法生产金属钪的

研究(150)..... 宁福云 王洪文 黄继民 程敏杰

二十一、氧化物电解法生产金属钪(154)..... 刘文淮 韩真

二十二、用离心萃取器两步法提取

高纯钪(161)..... 严玉顺 何培炯 方军 杨明德

包福毅 朱大和 公锡泰 徐景明 鲍为民

二十三、P507 萃淋树脂色层法提取高纯

氧化钪(167)..... 王鸿瑛 彭春霖

二十四、用氯化物熔盐体系从寻乌稀土电解制取

金属锆(173)..... 方诚厚 邓汝富

二十五、含 P507 的支撑液膜萃取 Nd^{3+} 的

研究(181)..... 李标国 霍子春 刘彦民 徐光宪 朱国斌

二十六、柱萃取色谱法分离铈和铈的

研究(189)..... 梁远明 陈美斯 林妙佳 李柏开

二十七、稀土硼酸盐的合成及其

性质(195)..... 马炯贤 吴集贵 邓汝温 姚卡玲 谢应波

第三篇 稀土资源综合利用

二十八、稀土在钢中应用的几点分析(203)..... 肖纪美

二十九、我国稀土处理钢的研究开发(217)..... 陈继志 陈希颖

三十、稀土在石油催化裂化剂方面的应用(226)..... 朱惟雄

三十一、汽车尾气净化稀土催化剂的现状与

展望(230)..... 祝自英 秦顺成 徐慧萍

三十二、我国稀土永磁研究及最新进展(243)..... 祝景汉

- 三十三、廉价 PrNd—Fe—B 永磁材料的研究(256) … 韩锦宏 潘靖诚
- 三十四、世界稀土发光材料进展(263)…………… 虞家琪
- 三十五、磷酸盐绿色荧光粉的研制(273)…………… 李炳泉
- 三十六、彩色电视稀土红色荧光粉的
研究(277)…………… 陈嘉生 俞柏恒 王岭梅 王科华 赵莲莲
- 三十七、稀土磁光材料及其应用的发展(283)…………… 刘湘林
- 三十八、用 MOCVD 方法制备 YBCO 高温超导
薄膜(293)…………… 章熙康 陶卫 王蓉 白国仁
钱长涛 叶常青 周伟克 卞君和
- 三十九、稀土对 PbTiO₃ 陶瓷各向异性的
影响(298)…………… 李洪钧 潘晓明 虞孝栋
- 四十、稀土无机非金属材料研究与应用(304)…………… 邱关明
- 四十一、稀土石英光纤的研究(328)…………… 顾真安 李林 戴廉勋
- 四十二、含铽法拉第旋光玻璃(336)
…………… 聂春生 任正杰 郑玉桐 董振基
- 四十三、稀土(铈)防紫外包装容器玻璃
研究(341)…………… 王敬轩 张旭明 孔祥乐 应明 吴耀臣
- 四十四、氧化钇和钕掺杂氧化钇透明陶瓷的制备
及其性质(345)…………… 赵贵文 周明
- 四十五、稀土在石油化工中的应用(352)…………… 贺伦燕
- 四十六、稀土在医学方面的应用(361)…………… 贾秀薇 崔瑾
- 四十七、稀土农用研究和开发工作的最新进展(366)…………… 郭伯生
- 四十八、春小麦喷施稀土长期定位效应
研究(376)…………… 张庆忠 张军 吴井江 张运林
- 四十九、水稻吸收 La、Ce 的特点(382) …………… 竺伟民 胡正义
- 五十、稀土元素对玉米幼苗吸收 Zn,Cu,Mn,Mo,
Ca 等元素的影响(386) …… 祁葆滋 高万久 杨秀兰 吴丽娜
- 五十一、稀土对几种蔬菜作物的增产
效果(391)…………… 刘曼玲 石传英 王振录
- 五十二、稀土氨基酸络合物对番茄的生理及其
增产效应(396)…………… 吴吉仁 张智勇
- 五十三、稀土林用研究与展望(403)…………… 连友钦

五十四、稀土在牧草苜蓿上应用效果的

研究(407)..... 徐新宇 张玉梅 李元芳

五十五、应用稀土防治鱼病技术的研究(413)..... 孙志臣

五十六、土壤中稀土元素的含量和分布的

规律性(420)..... 朱其清 刘铮

第四篇 稀土资源开发的环境负效应和对策

五十七、稀土粉尘与尘肺(429)..... 邹世渠

五十八、五种稀土粉尘的细胞毒性研究(438)..... 沈华 邹彤彤

宋力 段明月 董志坚 邹世渠

五十九、矿区稀土元素的大气浓度及其

来源(449)..... 余国泰 卢国琨 童世庐

六十、稀土矿 30 年放射性环境影响(454) 王济中

六十一、白云鄂博稀土铁矿综合利用中天然放射性对职工健康影响

的调查研究(463)..... 李琳 王莉丽 王铁英 陈德清

张宇志 王宏

六十二、稀土生产中“三废”及其治理(470)..... 林河成

六十三、稀土合金火法冶炼污染治理述评(481)..... 王立夫

六十四、稀土粉尘卫生标准研究(489)..... 雷春文 赵光丽 贾珂君

邹世渠 邹彤彤 马伏生 肖帮良 李琼英 祝孝丰 滕爱菊

第五篇 稀土市场及其相关产业政策研究

六十五、稀土市场(500)..... 熊家齐

六十六、中国稀土事实数据库的结构设计和

检索效果(508)..... 王明沁 伍虹 李桂枝

六十七、稀土资源开发相关产业的政策研究(516)..... 杨东红

绪 论

一、稀土学的提出及其意义

稀土学,可以分为狭义稀土学和广义稀土学。狭义稀土学就是研究稀土的成因、物理化学性质、性能,运移、演变与富集规律性的一门科学。广义稀土学包括狭义稀土学在内,并以此为基础向外延展到稀土原材料的制取方法、应用原材料所生产的各种产品等技术领域,再扩展到由于稀土资源开发应用所带来的环境负效应的防治、保证稀土资源开发应用健康发展的产业政策的研究与制定和带动稀土资源开发应用的市场需求信息的交流、获取与辨伪等人文科学领域。

图 1 是试图说明狭义稀土学与广义稀土学相关关系的平面图,内环即核心是狭义稀土学,亦称小稀土学,外环是广义稀土学,亦称大稀土学。本书就是从广义上来研究稀土,即大稀土学。

一般的学科产生与发展,如同树木生长一样,从树干到树杈,树杈再分枝,枝再分叶等。例如化学,发展为有机化学、无机化学;有机化学又分为高分子化学、生物有机化学……,无机化学又分为硅酸盐化学、稀土化学、稀土生物无机化学……等等。

随着社会与科学技术的发展,尤其是系统科学的出现使人们越来越认识到既要重视本门学科的发展趋势,又要注意不同学科之间的在方法论、学科成果之间的辩证关系,于是又出现了一些综合科学,例如协同学,混沌学、控制论,这些科学都明显由若干学科组成,与一般的学科产生与发展不同,是利用已有的一些学科,包括这些学科领域及其研究成果,构造出新的结构学科,一般称之为综合科学。

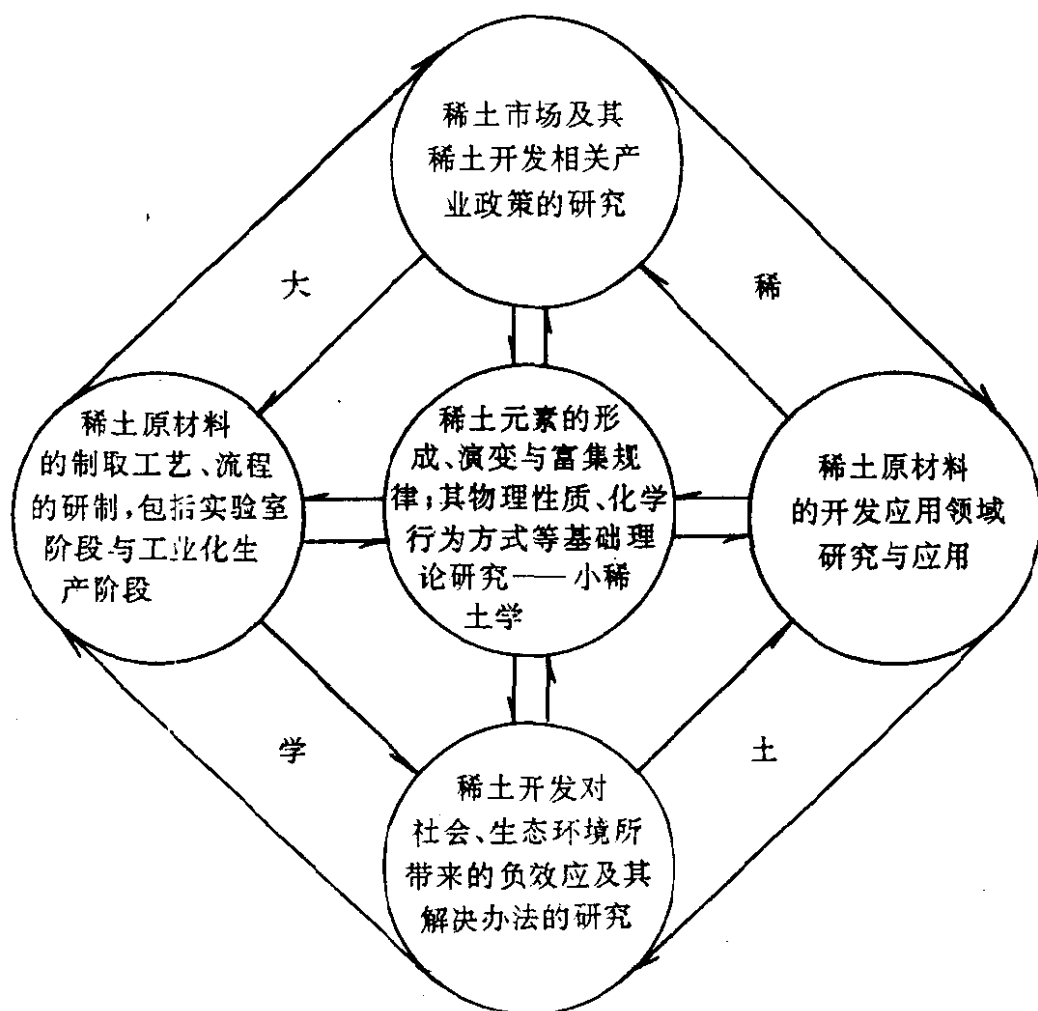


图 1 狭义稀土学与广义稀土学相关关系图

图 2 是试图说明一般学科产生与发展与系统科学的产生与发展相对照图。它反映出人们在创造新的学科领域时,两种不同的出发点与结果。前者需要专深的理论基础,后者不仅需要专深的理论基础,而且需要广泛的知识范围及其协调发展策略。这两种学科发展不具有排它性,而具有协同性,相辅相成,后者是前者发展的必然结果。

所以,本书所讨论的内容属大稀土学,是在稀土物理学、稀土化学、稀土材料学、稀土生物无机化学、稀土医学等若干学科领域首先形成以后,加上近几年稀土市场、稀土政策研究等社会科学的发展,才逐步形成的。它虽然已经诞生,还很不完善,但确是有着极

为广阔的发展远景,同时对其它综合学科的出现也必将起到推动作用。

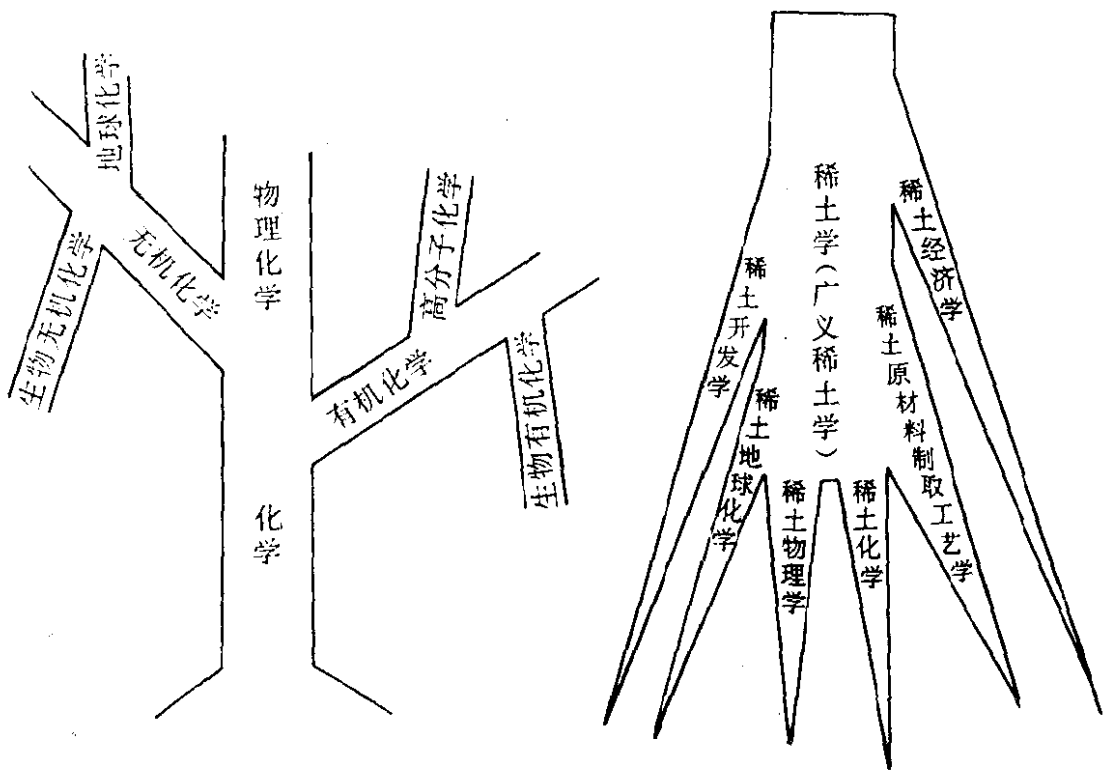


图2 一般学科产生与发展与系统科学的产生与发展对照图

二、稀土学研究的目的是与任务

1. 稀土学研究的目的是

稀土学的研究目的是按不同层次有机地联系来进行的。第一个层次是对各种稀土元素在地球上的形成、演变、富集及其分布规律的研究;第二个层次是对稀土元素的物理、化学性质及其富集、分离与提纯技术的研究;第三个层次是对稀土原材料在人类的生产与生活中应用的研究;第四个层次是对稀土资源开发给生态环境与人类生活所带来的负效应的预防及治理方法的研究;第五个层次是对稀土资源开发起抑制或促进作用的市场预测与相关产业政策的研究。

由此可知,通过对以上五个不同层次的有关稀土的研究,达到

尽可能地充分认识稀土元素的各种自然性质、自然规律,创造出各种能广泛应用与发挥稀土元素本身的特性的科学技术方法,减少稀土资源开发应用的负作用,开拓市场,加大稀土资源开发的深度与广度,更好地为国民经济发展服务的目的。

因此,本书对稀土研究的目的绝不是简单地为了利用稀土而研究稀土,也就是说不是为了单纯追求经济利益,而且必须顾及到稀土开发的社会效益与生态效益。在现有生产力水平条件下,尽可能地使稀土开发应用达到经济—社会—生态三者的和谐统一。

2. 稀土学研究的任务

稀土学研究的总任务是根据现有的科学技术手段,在认真总结迄今为止的有关稀土研究的科研成果的基础上,揭示人类对稀土元素的自然性质、自然规律的新认识,提供开发应用稀土资源的最新科学技术,开辟稀土应用的新领域和拓宽稀土市场,为国家发展稀土产业制定技术、经济、社会政策提供科学依据。

总任务是由以下三个方面组成的:

首先要研究稀土元素在地球上的分布、类型、构成、丰度、演变的最一般的客观规律,逐步摸清稀土元素在地球上的数量和质量数据,进行不同区域的稀土元素相关量的对比,建立区域性乃至全球性稀土成矿模式和分布规律。

在了解资源的基础上,充分认识稀土元素的个性及其相互组合的特性,在稀土元素的分离与制取原材料方面,创造更适合于工业化生产的技术手段,降低生产成本,简化工艺流程,提高分离纯度和综合利用水平。

在获得高纯度单一稀土原材料或几个元素的稀土组合材料的基础上,维持与拓宽原有的稀土原材料市场,努力开辟稀土原材料应用新领域,尤其是那些用量较大、应用稀土元素较多的产业部门,例如稀土在农业上的应用,稀土在医学方面的应用的潜在市场也很大。

以上这三个方面是紧密联系在一起,相互促进又相互制约。

对稀土元素的物理性质、化学组分及特征没有一个较为深刻的了解,就不可能创造出既经济又便利的稀土元素分离与提取技术;如果稀土元素的原材料制备工艺繁琐又价格昂贵,那就直接影响人们在生产与生活中的应用,就没有广阔的市场。反之,稀土应用市场广阔,可刺激稀土原材料的生产;稀土原材料的大批量生产将会促进稀土矿产资源的开发;稀土矿产资源的深度开发又会带动稀土元素基础理论的研究。这三个环节不能脱节,要环环相套,相得益彰。

三、稀土学研究的内容与方法

从稀土学研究目的与任务中可以看出,稀土学研究的内容相当广泛。既有自然科学范畴内的学科,又有社会科学范畴内的学科,还有自然科学与社会科学相交叉的学科。

稀土学主要包括以下内容:

1. 稀土物理学

主要内容是研究稀土元素的物理性质,包括原子结构、分子与分子团结构、颜色、形状、密度、硬度、单一元素熔点、化合物熔点、气化热、感应磁性、沸点、比热、热胀系数、电阻率、电阻温度系数、磁化率、中子俘获截面靶、各种稀土化合物的物理性能等等,以及迄今为止,人们还未发现与掌握的有关稀土元素物理方面的性质。

2. 稀土化学

主要内容是研究稀土元素的单质与化合物(即包括氧化物、氯化物和氟化物盐类及络合物等)的化学性质及其在物理化学过程中的变化,摸索与总结出稀土元素的化学行为方式与规律。为分离提取纯粹单一的单质与化合物及特定组合物提供简单可行工艺,为应用提供成本低廉的原材料。

3. 稀土地球化学

主要内容为把稀土元素视为一种良好的地球化学指示剂,通过研究地球上不同地质体中稀土元素的组成特点来探讨许多地球

化学问题,例如地球、月球和地壳等的形成与演变、各种岩石的成因,成岩成矿条件及其物质来源等。

4. 稀土原材料制备工艺学

主要内容是研究在现有科学技术水平条件下,对在十七种稀土元素的矿石中如何提取所需的有益元素的制备工艺的专门研究;它主要包括介绍人们已经普遍使用的制备工艺方法及生产流程,而且要介绍还未进行工业化生产的实验室或中试制备工艺手段和方法,促使稀土原材料制备工艺向从复杂到简单、从成本昂贵到低廉、从单一提取到综合提取的方向发展。

5. 稀土开发学

主要内容是研究稀土原材料制取后,如何在生产与生活中广泛应用的问题。依据稀土原材料用量小但用途广的特点,努力开拓稀土原材料应用的新领域,包括稀土“产业维生素”加入后,对该产业所带来的各种有利和有弊的两方面的观测与结果,提出在该产业中开发应用的前景及其可能性与现实性。特别要注意从稀土资源开发即找矿、采矿、选矿开始,到稀土工业品或农业品的生产过程中,稀土开发所带来的环境负效应的观测及其预防与治理对策的研究。

6. 稀土经济学

主要内容是研究稀土资源开发在国民经济中所占的地位与比重;稀土资源开发各阶段中资金投入的最佳选择比;稀土原材料制备工艺有关经济利益的比较研究;稀土市场预测、稀土开发环境负效应经济损失的定量计算;以及有利于稀土资源深度开发的相关产业政策研究等。

稀土学的研究方法:

从稀土学研究的内容就可以看出,稀土学研究方法相当广泛。最基本、最主要的方法是实践。无论从稀土元素的基本理论研究,还是稀土原材料的制备,乃至稀土原材料在各种生产、生活领域的开发利用,都离不开科学实验这一基本手段,应强调理论与实践相

结合的基本原则。

人类迄今所获得的物理学、化学、数学、经济学和技术科学等若干方法都是在稀土学研究中必不可少的研究方法。也就是说，稀土学的研究方法是综合的研究方法，是人类已经获得的各种研究方法在以稀土学某一方面内容为对象时的最佳组合，不同的内容，有不同研究方法的侧重。例如稀土物理学，主要是侧重于物理学手段，辅助以技术科学、数学和经济学等方法；稀土化学，主要是侧重于化学手段，辅助以技术科学、物理学、数学、经济学等；稀土开发学，主要侧重于经济学、技术科学和数学等研究方法，辅助的是物理学和化学等研究方法。

四、稀土学发展的前景

稀土学是一门理论研究与实际应用紧密联系在一起的学科，它是根据人们对稀土元素不同方面的认识逐渐加深，尤其是充分认识到社会科学对自然科学的反作用而形成和发展起来的。

稀土学绝对不单是为了研究稀土而进行的一门学问，而且要研究稀土资源开发应用所带来的经济、社会和生态三方面效益的学问。不是任何一种或几种先进的稀土开发理论与应用技术，都能保证人们在稀土及其相关产品的生产过程中获得较大的经济利益。即使某种稀土资源开发应用能获得较大的经济利益，如果同时对社会和生态环境带来严重危害，也是不足可取的。

稀土学的提出，就是要破除那种理论脱离实践，实践又分阶段而不紧密相连的传统的模式。搞稀土基础理论研究的要重视稀土原材料的需求市场，要充分了解稀土原材料在应用领域的前景如何，而不只是埋头稀土基础理论研究工作。而搞稀土开发工作的也应该了解稀土资源的时空分布状况、制备工艺方法的比较和生产成本的大小，以及稀土开发所带来的环境负效应等等。若不然，把稀土矿找到了许多，大力开采了许多稀土矿，稀土原材料制备了许多，但是用量有限，产品积压，积压了资金，浪费了人力、物力和财

力。反之,某个产业特别需要某种稀土元素,虽然有该种稀土矿产,但是制备工艺成本昂贵,得不偿失,或是对社会与生态环境危害严重又暂时无治理措施,则也不能使稀土开发健康发展。因此,社会生产实践越来越要求人们不仅要熟悉稀土基础理论和生产技术,而且要掌握稀土经济 and 政策的全面知识。

随着生产的发展与人类社会的进步,人们的生产与生活的关系越来越紧密,对稀土的认识与应用越来越广泛,就必然要求在总结以往研究成果的同时,要十分重视建立那种较为全面的,既有阶段性又紧密相连的,理论与实践相结合的新模式。在这种意义上的稀土学,实质上是有关稀土开发的系统工程学,是大稀土学。