

国家重点图书

苏 锵 著

稀土元素

—— 您身边的大家族



清华大学出版社
暨南大学出版社



苏 锵 著

稀土元素

—— 您身边的大家族



清华大学出版社



暨南大学出版社

(京)新登字 158 号

图书在版编目(CIP)数据

稀土元素:您身边的大家族/苏锵著. —北京:清华大学出版社;
广州:暨南大学出版社,2000

(院士科普书系/路甬祥主编)

ISBN 7-302-04202-0

I. 稀… II. 苏… III. 稀土族-元素-普及读物 IV. 0614.33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 83508 号

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

暨南大学出版社(广州天河,邮编 510630)

<http://www.jnu.edu.cn>

责任编辑: 宋成斌

印 刷 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 850×1168 1/32 **印张:** 4.25 **字数:** 84 千字

版 次: 2000 年 12 月第 1 版 2000 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN-7-302-04202-0/G·169

印 数: 0001~5000

定 价: 12.00 元

《院士科普书系》编委会(第二届)

编委会名誉主任 周光召 宋 健 朱光亚

编委会主任 路甬祥

编委会委员 (两院各学部主任、副主任)

陈佳洱	杨 乐	闵乃本	陈建生	周 恒
王佛松	白春礼	刘元方	朱道本	何鸣元
梁栋材	卢永根	陈可冀	匡廷云	朱作言
孙 枢	安芷生	李廷栋	汪品先	陈 颢
王大中	戴汝为	周炳琨	刘广均	杨叔子
钟万勰	关 桥	吴有生	刘大响	顾国彪
陆建勋	龚惠兴	吴 澄	李大东	汪旭光
陆钟武	王思敬	朱建士	郑健超	胡见义
陈厚群	陈肇元	崔俊芝	张锦秋	刘鸿亮
方智远	旭日干	周国泰	王正国	赵 铠
钟南山	桑国卫			

编委会执行委员 郭传杰 常 平 钱文藻 罗荣兴

编委会办公室主任 罗荣兴(科学时报社)

副主任 周先路(中国科学院学部联合办公室)

白玉良(中国工程院学部工作部)

蔡鸿程(清华大学出版社)

周继武(暨南大学出版社)

总 策 划 罗荣兴 周继武 蔡鸿程

总 责 任 编 辑 周继武 蔡鸿程 宋成斌

提高全民族的科学素质

——序《院士科普书系》

人类走到了又一个千年之交。

人类的文明进程至少已有 6000 余年。地球上各个民族共同创造了人类文明的灿烂之花。中华文明同古埃及文明、古巴比伦文明、古印度文明、古希腊文明等一起，是人类文明的发源地。

15 世纪之前，以中华文明为代表的东方文明曾遥遥领先于当时的西方文明。从汉代到明代初期，中国的科学技术在世界上一直领先长达 14 个世纪以上。在那个时期，影响世界文明进程的重要发明中，相当部分是中华民族的贡献。

后来，中国逐渐落后了。中国为什么落后？近代从林则徐以来许多志士仁人就不断提出和思索这个历史课题。但都没有找到正确的答案。以毛泽东同志、邓小平同志为代表的中国共产党人作出了唯一正确的回答：中国落后，是由于生产力的落后和社会政治的腐朽。西方列强对中国的欺凌，更加剧了中国经济的落后和国家的衰败。而落后就要挨打。所以要进行革命，通过革命从根本上改变旧的生产关系和政

治上层建筑,为解放和发展生产力开辟道路。于是,就有了 80 多年前孙中山先生领导的辛亥革命,就有了 50 年前我们党领导的新民主主义革命的胜利,以及随后进行的社会主义革命的成功。无论是革命还是我们正在进行的社会主义改革,都是为了解放和发展生产力。

邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的著名论断,使我们对科学技术在经济和社会发展中的地位与作用的认识,有了新的飞跃。我们应该运用这一真理性的认识,深刻总结以往科学技术发展的历史经验,把我国科技事业更好地推向前进。中国古代科技有过辉煌的成果,但也有不足,主要是没有形成实验科学传统和完整的学科体系,科学技术没有取得应有的社会地位,更缺乏通过科技促进社会生产力发展的动力和机制。为什么近代科学技术首先在文艺复兴后的欧洲出现,而未能在我国出现,这可能是原因之一吧。而且,我国历史上虽然有着伟大而丰富的文明成果和优良的文化传统,但相对说来,全社会的科学精神不足也是一个缺陷。鉴往开来,继承以往的优秀文化,弥补历史的不足,是当代中国人的社会责任。

在新的世纪中,中华民族将实现伟大的复兴。在一个占世界人口五分之一的发展中大国里,再用 50 年的时间基本实现现代化,这又是一项惊天动地的伟业。为实现这个光辉

的目标,我们应该充分发挥社会主义制度的优越性,坚持不懈地实施科教兴国战略。

科教兴国,全社会都要参与,科学家和教育家更应奋勇当先,在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识。科教兴国也要抓好基本建设。编辑出版高质量的科普图书,就是一项基本建设,对于提高全民族的科学素质,是很有意义的。在《院士科普书系》出版之际,写了上面这些话,是为序。

A handwritten signature in black ink, reading '江泽民' (Jiang Zemin), written in a cursive style.

1999 年 12 月 23 日

人民交给的课题

——写在《院士科普书系》出版之际

世界正在发生深刻的变化。这一变化是 20 世纪以来科学技术革命不断深入的必然结果。从马克思主义的观点看来,生产力的发展是人类社会发展与文明进步的根本动力;而“科学技术是第一生产力”,因此,科学技术是推动社会发展与文明进步的革命性力量。从生产力发展的阶段看,人类走过了农业经济时代、工业经济时代,正在进入知识经济时代。

知识经济时代,知识取代土地或资本成为生产力构成的第一要素。知识不同于土地或资本,不仅仅是一种物质的形态,知识同时还是一种精神的形态。知识,首先是科学技术知识,将不仅渗透到生产过程、流通过程等经济领域,同时还将渗透到政治、法律、外交、军事、教育、文化和社会生活等一切领域。可以说,在新的历史时期,一个国家、一个民族能否掌握当代最先进的科技知识以及这些科技知识在国民中普及的程度将决定其国力的强弱与社会文明程度的高低。科技创新与科普工作是关系到一个国家、一个民族兴衰的

大事。

对于我们科技工作者来说,我们的工作应当包含两个方面:发展科技与普及科技;或者说应当贯穿于知识的生产、传播及应用的全过程。我们所说的科普工作,不仅是普及科学知识,更应包括普及科学精神和科学方法。

我们的党和政府历来都十分重视科普工作。党的十五大更是把树立科学精神、掌握科学方法、普及科技知识作为实施科教兴国战略和社会主义文化建设的一项重要任务提到了全党、全国人民和全体科学工作者的面前。

正是在这样的背景下,1998年春由科学时报社(当时叫“中国科学报社”)提出创意,暨南大学出版社和清华大学出版社积极筹划,会同中国科学院学部联合办公室和中国工程院学部工作部,共同发起《院士科普书系》这一重大科普工程。

1998年6月,中国科学院与中国工程院“两院”院士大会改选各学部领导班子,《院士科普书系》编委会正式成立,各学部主任均为编委会委员。编委会办公室在广泛征求意见的基础上拟出150个“提议书目”,在“两院”院士大会上向1000多名院士发出题为《请科学家为21世纪写科普书》的“约稿信”,得到了院士们的热烈响应。在此后的半年多时间里,有176名院士同编委会办公室和出版社签订了175本书的写作出版协议,开始了《院士科普书系》艰辛的创作过程。

《院士科普书系》的定位是结合当代学科前沿和我国经济建设与社会发展的热点问题,普及科技知识、科学方法。科学性、知识性、实用性和趣味性是编写的总要求。

编写科普书对我国大多数院士来说是一个新课题。他们惯于撰写学术论文。如何把专业的知识和方法写成生动、有趣、有文采的科普读物,于科技知识中融入人文教育,不是一件容易的事。不少院士反映:写科普书比写学术专著还难。但院士们还是以感人的精神完成自己的书稿。在此过程中,科学时报社和中国科学院学部联合办公室、中国工程院学部工作部以及清华大学出版社、暨南大学出版社也付出了辛勤的劳动。

《院士科普书系》首辑终于出版了。这是人民交给科学家课题,科学家向人民交出答卷。江泽民总书记专门为《院士科普书系》撰写了序言,指出科普是科教兴国的基础工程,勉励科学家、教育家“在全社会带头弘扬科学精神,传播科学思想,倡导科学方法,普及科学知识”,充分表达了党的第三代领导集体对科普的重视,对提高全民族科技素质的殷殷期望。

《院士科普书系》将采取滚动出版的模式。一方面随着院士们的创作进程,成熟一批出版一批;另一方面随着科学技术的进步和创新,不断有新的题材由新的院士作者撰写。因此,《院士科普书系》将是一个长期的、系统的科普工程。

这一庞大的工程,不但需要院士们积极投入,还需要各界人士和广大读者的支持——对我们的选题和内容提出修订、完善的建议,帮助我们不断提高《院士科普书系》的水平与质量,使之成为国民科技素质教育的系统而经典的读本。在科学家群体撰写科普书方面,我们也要以此为起点为开端,参与国际竞争与合作,勇攀世界科普创作的高峰。

中国科学院院长
《院士科普书系》编委会主任

路甬祥

2000年1月8日

本书前言

在元素周期表中,目前已知的元素有 100 多种,其中有一个大家族叫做“稀土元素”,它包括 17 个成员:从原子序为 57 的镧(La)至原子序为 71 的镥(Lu)的 15 个“镧系元素”以及化学性质跟它们近似的同属第Ⅲ族的钪(Sc)和钇(Y)的两个元素。

这族元素听起来好像很陌生,不像金、银、铜、铁、锡等元素那样熟悉。而且,“稀土”的名字也容易使人产生误解,以为它们是很“稀有”的。但是,您知道吗,这族元素在地壳中的总含量并不像它的名字那样“稀有”,其中有些成员在地壳中的储量比金、银、铜、锡等元素还要多。它们已在我们的身边为我们服务,成为我们亲密的朋友。

这个大家族的 17 个成员各具特异的光、电、磁和催化等物理和化学性能。它们为人类带来了光明,并充当人类健康的保护神;它们为人类提供新的能源;为化学工业提供新的催化剂;它们是玻璃陶瓷工业中的多面手;是建设信息高速公路的尖兵排;是钢铁和有色金属的维生素和促进作物增产的刺激素;用它们可制成号称“永磁之王”的磁体和在高温下没有电阻的神奇异体。它们已成为 21 世纪各国竞相研究开发的对象,希望在这一片尚未充分开垦的土地上发现新的奇迹,寻找到新的材料。“稀土”已成为人类的“希望之土”,在当今激烈的科技竞争中,就看谁跑在前列,登上这片土的

顶峰。

我国具有世界上最丰富的稀土资源,如何把稀土的资源优势尽快地转化为科技优势和经济优势,已成为摆在我们面前迫切需要解决的重大任务。希望这本小书能引起读者的兴趣和对稀土的关注,共同完成这个光荣而艰巨的任务。

苏锵

2000年8月

目 录

1 稀土元素大家族的家谱与履历

- 1.1 稀土元素就在您身边 1
- 1.2 17 个共生的兄弟姐妹 3
- 1.3 不断修正错误的稀土发现史和
它们命名的故事 5
- 1.4 元素周期表中的一个悬案 13
- 1.5 稀土元素是否真的稀有 15
- 1.6 储量丰富的中国稀土 19
- 1.7 无机化学中的一个难题
——稀土元素的分离 22

2 稀土元素家族成员的基本特征

- 2.1 稀土原子和离子的电子构型 30
- 2.2 稀土的原子和离子的大小 36
- 2.3 稀土离子的价态 37
- 2.4 稀土是一个具有特异性能的大家族 39

3 稀土元素大家族为我们立下的功勋

- 3.1 给人类带来光明的稀土元素 43

3.2	稀土—玻璃陶瓷工业中的多面手	50
3.3	稀土磁体——永磁之王	55
3.4	稀土——金属的维生素	64
3.5	建设信息高速公路的尖兵排	71
3.6	第一个高温下没有电阻的神奇导体	78
3.7	为人类提供新能源	82
3.8	稀土——化学反应的催化剂	88
3.9	人类健康的保护神	97
3.10	稀土——促进作物增产的刺激素	108

4 稀土——希望之土

4.1	名列前茅的家族和世界记录的创造者	112
4.2	稀土大家族迎接新世纪	116

1

稀土元素大家族的家谱与履历

1.1 稀土元素就在您身边

您可曾想到,稀土元素已经在您身边服务了。当您烟瘾起来想抽香烟时,您习惯地从口袋里拿出打火机,咔嚓一声点燃香烟。您可知道,其中的打火石就是用以铈为主的混合稀土金属制造的,它是一种打火合金,磨擦时就会产生火花。当您打开彩色电视机观看节目时,您被五彩缤纷的色彩所吸引,其中鲜艳的红色就是由掺铕的硫酸钡荧光粉发出的红光产生的。铕和铈都是稀土大家族的一员。入夜了,您漫步在街上,把马路照得通明的街道两

稀土元素就在我们身边。

旁电灯杆上高悬着高压汞灯,这就是由涂在灯壳上的掺铕的钒酸铕或掺铕的钒磷酸铕荧光粉发出的亮光(铕也是稀土元素)。当您走到商店里或宾馆里,但见天花板上镶嵌了很多节能灯,厅堂灯光辉煌,那灯光就是由掺三价铕的发红光的荧光粉、掺二价铕的发蓝光的荧光粉,以及掺三价铈与铽的发绿光的荧光粉发出的,由红、蓝、绿三种基色混合就可以发出白光或调成各种颜色的光(铈与铽也是稀土大家族的一员)。当您坐在电影院观看电影时,一束亮光带着生动的画面照到屏幕上,那束亮光就是由掺入稀土氯化物的碳棒通电后产生的弧光。当您坐在沙发上拿起一个鲜黄美丽的茶杯品茶时,茶杯上那种鲜黄悦目的颜色可能就是用锆黄陶瓷制成的(锆也是稀土大家族的一员)。当您和朋友举杯同庆时,您如果拿的是钹玻璃酒杯,那该是多么潇洒!在日光或白炽光下的酒杯呈现葡萄酒一样的紫红色,但在荧光灯下,它又呈现出浅蓝色。当您戴着便携式录放机的立体声耳机欣赏音乐时,耳机内装着小型轻便的钕铁硼永磁体,为您产生悠扬悦耳的音乐,其中的钕又是稀土元素之一。当您拿起照相机拍摄时,可以拍摄出清晰图像的照相机镜头是由镧玻璃制成的。当您拿起移动电话向您的亲朋好友打电话时,移动电话内用的是镧镍合金制成的稀土镍氢电池,镧也是稀土元素之一。当您进行X光透视时,您是否知道:为了减少X射线对身体的损害,在X射线感光胶片前放上X射线增感屏,既可减少X射线的使用剂量,又可获得更清晰的图像,那X射线增感屏就是用发蓝光的掺二价铕的氟氯化钡荧光粉制成的。汽车和自行车上有些钢铁和金属部件也含有稀土或用