

国家重点图书

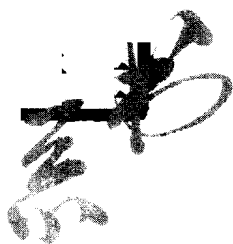
邱竹贤 著

泥土中的铝

—— 科技腾飞的使者



清华大学出版社
暨南大学出版社



邱竹贤 著

泥土中的铝

—— 科技腾飞的使者



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

泥土中的铝: 科技腾飞的使者/邱竹贤著. —北京: 清华大学出版社;
广州: 暨南大学出版社, 2000. 12

(院士科普书系/路甬祥主编)

ISBN 7-302-04209-8

I. 泥… II. 邱… III. 铝-普及读物 IV. TG146.2-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 83457 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: 北京市丰华印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 850×1168 1/32 **印 张:** 4.875 **字 数:** 34 千字

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

书 号: ISBN 7-302-04209-8/G·176

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。继往开来,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

前 言

铝就在我们脚下的泥土中,它在地壳中的丰度为 7.5% (质量),居各种金属的首位。铝是一种轻金属,具有广泛的用途,特别是在航天航空工业上。现代科学技术的发展与铝的应用,有非常密切的关系。故人们称誉泥土中的铝为科技腾飞的使者。这是本书的取名由来。

本书是在路甬祥院长“传播科学思想、编写科普精品”的指导下完成的。在写作过程中注意到了:于科学教育中加入人文教育。亦即在专业知识之外加入了炼铝和电化学先驱者法拉第(英)、霍耳(美)和埃鲁(法)诸位的发明过程,他们取得突破性进展的思路和方法,以及他们的小传。笔者在本书写作过程中,曾经前往辽宁省实验中学给当年应届高中毕业生和东北大学的入学新生,作了《泥土中的铝——科技腾飞的使者》科普讲演,受到欢迎。笔者从事炼铝工作 50 余年,自惭无甚成就,故用炼铝先驱者的事迹来鼓励青年学子,激发他们的创新意识,为振兴中华而努力。

书中专立一章“自然铝”,这是最近 20 年来的一项发现。此项发现打破了过去冶金书上不存在“自然铝”的传统观念。在该章中,又增加了“中国晋墓古铝之谜”一节,对晋代古铝提出一些看法。由于铝在日常生活中广泛应用,铝有无毒性已成为普遍的话题,本书在“铝的性质和用途”章内广泛介绍了这方面的研究资料,提出了应在饮食中禁忌纳入多量铝的

观点。书中对于发展中国铝工业的前景提出一些新的见解，或许有参考作用。

本书在写作过程中，得到东北大学王兆文博士的协助，他还打印全书原稿。对于他的辛勤劳动，非常感谢。

本书蒙清华大学出版社和暨南大学出版社出版，不胜荣幸。在此深致谢意。蒙中国工程院组织编写此书，笔者谨致谢意。

邱竹贤

2000 年 6 月

目 录

1 泥土中的铝

1.1 概述	1
1.2 地壳中铝的丰度	2
1.3 铝矿	3

2 铝的性质和用途

2.1 铝的物理性质	10
2.2 铝的化学性质	12
2.3 铝与人体健康的关系	13
2.4 铝合金的种类	16
2.5 铝的用途	19

3 炼铝的历史故事

3.1 概述	25
3.2 化学法炼铝	26
3.3 电解法炼铝	31
3.4 中国铝工业的萌芽	43

4 从铝土矿提取铝

4.1 概述	48
4.2 从铝土矿提取氧化铝	49
4.3 铝电解	60
4.4 电热还原法熔炼铝-硅合金	75
4.5 烟气净化	77
4.6 铝精炼	80

5 现代世界铝工业

5.1 概述	91
5.2 国外铝工业	94
5.3 全世界原铝产量的分布	99
5.4 中国铝工业	102

6 废铝与废旧阴极炭块的再生利用

6.1 废铝再生利用	113
6.2 废旧阴极炭块的综合利用	118

7 自然铝

7.1 概述	122
7.2 自然铝的发现	123
7.3 有关自然铝的地球化学讨论	127
7.4 中国晋墓古铝之谜	131

参考文献	135
------------	-----

1

泥土中的铝

1.1 概述

泥土构成地球的表面，它就在我们的脚下。泥土是滋养人类的母亲，人们对五彩缤纷的大地怀着虔诚的崇敬。泥土是疏松的，含有颗粒状的矿物质、有机物质、水分、空气和微生物，可生长出各种植物，营造人类的绿色生存资源和生存环境。它还提供多种有用的金属原料，供人类采掘。泥土中的铝便是一种极其有用的天然资源。

铝是一种轻金属，铝的密度只有钢铁的三分之一。铝构成多种合金，具有很大

地壳中丰度最大的元素有 12 种,其中铝的丰度居第三位,占 7.5%(质量),仅次于氧和硅,居各种金属元素的首位。

的强度/重量比值,广泛应用在航空航天工业上,故被被誉为科技腾飞的使者。

1.2 地壳中铝的丰度

地壳中丰度最大的元素有 12 种,大约占地壳总质量的 99.5%。地壳表层 1km 厚度,质量大约 10^{18} t。其中铝的丰度居第三位,占 7.5%(质量),仅次于氧和硅,居各种金属元素的首位。这 12 种元素的丰度如下:

元素	丰度 / %	元素	丰度 / %
氧(O)	49.5	钾(K)	2.4
硅(Si)	25.7	镁(Mg)	1.9
铝(Al)	7.5	氢(H)	0.9
铁(Fe)	4.7	钛(Ti)	0.6
钙(Ca)	3.4	氯(Cl)	0.2
钠(Na)	2.6	磷(P)	0.1

这是从世界上各个地方取出来有代表性的样品的综合分析结果。如果我们随意挖取一铲泥土,分析其中的元素含量,则得不出上述的元素组成,因为地壳中的元素分布是不均匀的。上述数据是世界各地所取试样的平均值。

地壳中的元素往往以化合物的形式组成矿物,例如刚玉(Al_2O_3)是由铝和氧结合而成。矿物具有固定(或接近固定)的化学组成、结晶形态和物理化学性质。矿物的名称通常是