

国家重点图书

金庆焕 著

海底矿产



清华大学出版社
暨南大学出版社



金庆焕 著

海底矿产



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

海底矿产/金庆焕著. —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 7-302-04212-8

I. 海… II. 金… III. 海底矿物资源-普及读物 IV. P744-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 83459 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: 黄滋生

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:** 6.125 **字 数:** 121 千字

版 次: 2001 年 1 月第 1 版 2001 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04212-8/G·179

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
钟万綱	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,而未能在中国出现,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

目 录

绪论	1
----------	---

1 方兴未艾的海洋油气勘探

1.1 中国近海的海洋油气勘探概况及潜力	9
1.2 中国南沙群岛附近海域的油气前景	20
1.3 波斯湾及其邻域的油气为何如此丰富?	30
1.4 老油区墨西哥湾正在焕发青春	39
1.5 北海——海洋油气的重要产区	48
1.6 南大西洋——新的油气接替区	55
1.7 里海——第二个波斯湾	63

2 天然气水合物——未来的新能源

2.1 什么是天然气水合物?	74
2.2 天然气水合物如何形成	76
2.3 天然气水合物的研究进展	79
2.4 天然气水合物的分布	83
2.5 天然气水合物的调查研究方法	93
2.6 中国近海天然气水合物的找矿远景	96
2.7 海底天然气水合物的资源量	99
2.8 海底天然气水合物的开发及	

环境效应	101
------------	-----

3 大洋底探秘——多金属结核

3.1 什么是多金属结核?	109
3.2 多金属结核形成的奥秘	115
3.3 地质学家如何探测多金属结核?	120
3.4 多金属结核的资源量评价和计算	129
3.5 赋存于五千多米大洋底的多金属 结核能采上来吗?	133
3.6 多金属结核资源的利用指日可待	136

4 海底“黑金山”——富钴结壳

4.1 富钴结壳真的是金吗?	139
4.2 富钴结壳的调查现状	141
4.3 富钴结壳的赋存特点	144
4.4 富钴结壳的形态类型	147
4.5 富钴结壳的形成年代及其与 海山基岩的关系	151
4.6 富钴结壳的物质组成及其内部构造	152
4.7 富钴结壳的勘查设备与勘查方法	155
4.8 富钴结壳的经济价值	161

5 海底其他固体矿产资源

5.1 滨海砂矿	167
----------------	-----

5.2	块状热液硫化物矿床	169
5.3	多金属软泥	170
5.4	磷块岩	172
5.5	重晶石	176
附录		177
后记		179

绪 论

地球作为太阳系中的一个行星,已有 38.5 亿年历史。在漫长的地质历史中,由于地球大气圈、生物圈、水圈和岩石圈的相互作用,形成种类繁多的矿产资源,为人类的生存和发展提供了雄厚的物质基础。

尚未涉足地质学的朋友可能对地球的发展历史及地球内赋存的宝藏感到陌生。为便于读者理解本书的内容,首先简要地介绍一些有关的知识。并在书后附上一张地质年代表。

地质学家主要是根据生物演化进程,将地球 38.5 亿年历史划分成太古代、元古代、古生代、中生代和新生代五个地质时

在漫长的地质历史中,由于地球大气圈、生物圈、水圈和岩石圈的相互作用,形成种类繁多的矿产资源,为人类的生存和发展提供了雄厚的物质基础。

期。这与我国五千年文明史划分为夏、商、周至元、明、清等几十个朝代颇有相似之处;所不同的是地质上“代”的时间距离是以千万年甚至亿年为单位计算,而我国历史上的朝代间距是以百年计的。

太古代和元古代是地球演化史上最早和经历时间最长的两个地质时代,前者延续了 13.5 亿年,后者延续了 19.3 亿年。

太古代早期,地球上还未有生命存在。而生命作为蛋白质存在的一种方式,其出现和延续的机遇,是由太古代中期火山的频繁活动所提供的。海洋很可能是产生原始生命的最理想场所。大约在距今 36 亿年前后,地球上出现了原始的细菌。元古代地层中因发现较多的菌藻类植物,故元古代又称为菌藻植物类时代。元古代末期,开始出现一些腔肠动物、节肢动物等低等动物。但由于缺乏坚硬骨骼,其化石难以保存。由于太古代和元古代生物十分稀少,且物种较为单一,地质学家称这两个地质年代为隐生宙。元古代后期出现全球性大冰期。

在距今 5.7 亿年,地球的演化进入古生代时期。古生代共分为寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪和二叠纪等六个纪,延续时间达 3.2 亿年。如果说元古代末的大冰期是低等生物的孕育期,则随着冰融雪消,必然有一个生物大爆发时期。寒武纪是生物发展史上的一个里程碑,此时海洋中无脊椎动物大量出现,三叶虫、笔石等属种生物空前繁荣。在志留纪时期,地球上陆地开始披上绿装,出现了原始的陆生的植物裸蕨。进入泥盆纪,地球上开始出现大量鱼类。因

生命作为蛋白质存在的一种方式,其出现和延续的机遇,是由太古代中期火山的频繁活动所提供的。海洋很可能是产生原始生命的最理想场所

此,古生物学家称泥盆纪为鱼类时代。石炭纪最早定名于英国。这一时期以蕴藏极为丰富的煤炭而得名。石炭纪时期蕨类植物空前繁盛,它是主要的成煤植物。我国北方煤炭主要形成于此时期。古生代是石油和天然气生成的重要时期,由于石油和天然气是液体矿产,只能在构造较为稳定的地区得以保存。俄罗斯地台东部伏尔加-乌拉尔地区,分属哈萨克斯坦和俄罗斯的滨里海盆地、美国的西得克萨斯地区、西内部盆地,均在古生代地层中发现有丰富的石油和天然气。我国的塔里木盆地和鄂尔多斯盆地,在古生代地层中亦发现了一批重要的油气田。

在距今 2.5 亿年,地球的演化进入了中生代阶段。中生代可分为三叠纪、侏罗纪和白垩纪。中生代共延续了 1.85 亿年。中生代生物进化具有两个显著特点:一是裸子植物(如苏铁类、松柏类和银杏类等)空前繁荣;二是爬行动物即各种恐龙空前繁荣。所以,中生代又称为裸子植物时代和恐龙时代。裸子植物既为恐龙提供充足的食物,又是重要的成煤物质。其中的侏罗纪是裸子植物和爬行动物极度繁盛时期。因此,中生代侏罗纪是地球上继石炭纪以后又一个重要的成煤期。

中生代也是石油和天然气生成的最重要时期。目前,世界上近 70% 的油气储量赋存于中生代地层中。中东及波斯湾、北海海域、美国的东得克萨斯和阿拉斯加地区、墨西哥以及俄罗斯的西西伯利亚的石油和天然气,均与中生代地层有关;我国著名的大庆油田亦产于中生代白垩纪地层。近年来,在新疆吐鲁番-哈密盆地取得了重大的油气突破,其油气