

傅恒志 朱 明 杨尚勤 著

空天技术与材料科学



暨南大学出版社
清华大学出版社



傅恒志 朱 明 杨尚勤 著

空天技术与材料科学



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

空天技术与材料科学/傅恒志,朱明,杨尚勤著.——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 7-302-04208-X

I. 空… II. ①傅… ②朱… ③杨… III. ①航空-技术-普及读物 ②航天-技术-普及读物 ③航空材料-普及读物 ④航天材料-普及读物 IV. V-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 83436 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:** 8.75 **字数:** 173 千字

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

书 号: ISBN 7-302-04208-X/G·175

印 数: 0001~5000

定 价: 15.00 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,就有了八十多年前孙中山先生领导的辛亥革命,就有了五十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,再用五十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、中国科学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

航空与航天技术是 20 世纪人类认识和改造自然进程中最活跃、最有影响的科学技术领域之一,也是人类文明高度发展的重要标志。人类在征服大自然的漫长岁月中,早就产生了翱翔天空、遨游宇宙的愿望。随着飞机、人造卫星等的升空,广阔无垠的宇宙空间已成为人类活动的新疆域。迄今为止的航空航天活动,其作用已远远超出科学技术领域,对政治、经济、军事以至人类社会生活都产生了广泛而深远的影响。作为航空航天技术基础的材料科学更显示了它的重要性,并随着空天技术的发展,取得了长足的进步。面对航空航天及相关材料科技的飞速进步,人们迫切希望了解它们的基本原理和内容。为了更好地实施“科教兴国”战略,迎接 21 世纪来自各方面的挑战,中国科学院和中国工程院两院联合提出编写一套《院士科普书系》的计划,作为干部科技素质教育的读本。《空天技术与材料科学》作为本书系的一个组成部分,是按照两院统一的规划进行编撰的。我们虽力图做到“有趣”与“有用”相结合,但限于水平,特别是限于编写科普书籍的经验,书中肯定有不足之处,恳请读者指正。

为了体现空天技术日新月异发展的趋势,编写中,我们尽量搜集最新的资料。但由于篇幅所限,许多我们参考、并引用了的资料不能一一列出。我们对这些资料的作者及单

位除表示歉意外,更致以深切的谢意。

在筹划及编写本书过程中,西北工业大学团委提供了展览资料和图片,飞机系研究生安刚同学,对航空方面的资料整理、撰写和打印,花费了许多精力,做了大量工作;还有朱丹青小姐及时配合了书稿整理、打印等工作。对他们的辛勤劳动和对本书的贡献,特别表示感谢。

傅恒志

2000 年 1 月

目 录

1 飞天的奥秘——航空

- 1.1 不辞艰辛,蓝天飞翔美梦成真 1
- 1.2 飞机的基本构造及功用 5
- 1.3 飞行原理 7
- 1.4 飞机的性能和参数 9
- 1.5 飞机的分类 12

2 飞机的心脏——发动机

- 2.1 发动机的基本原理与组成 18
- 2.2 航空发动机的现状和未来 22

3 飞机的神经中枢和“杀手锏”——机载设备和武器

- 3.1 控制系统仪表 28
- 3.2 飞机的导航系统 29
- 3.3 雷达系统 31
- 3.4 无线电通信系统 34
- 3.5 航空武器及火控系统 35

4 蓝天英豪、凶神和间谍——现代飞机

- 4.1 现代军用飞机的应用和发展 48

4.2 现代民用飞机	69
4.3 现代直升机	79
4.4 我国航空工业的发展	81

5 神秘的军用航空新技术

5.1 隐形技术	83
5.2 无人机技术	84
5.3 推力矢量技术	87
5.4 信息战技术	88
5.5 激光武器技术	90
5.6 电磁脉冲武器技术	91

6 奔向神奇的太空——航天

6.1 来自神奇太空的呼唤	94
6.2 古代的飞天之梦	98
6.3 天梯——从梦想到现实	102

7 “宇宙之神”的神奇本领析秘

7.1 “宇宙之神”力量强大来源——动力系统	107
7.2 “宇宙之神”躯体剖视——结构系统	113
7.3 “宇宙之神”机智灵敏的大脑透析——自动 控制系统	114
7.4 各路“宇宙之神”勇架天梯,争当先锋	116

8	航天技术的应用	
8.1	导弹逞威世界	120
8.2	进军深空的侦察兵——空间探测器	131
8.3	明星大家族	137
8.4	宇宙飞船、空间站、航天飞机和空天飞机	162
8.5	航天器进入太空面临的特殊问题	177
8.6	加快建设“天上人间”	183
9	材料精英铸就了空天巨人	
9.1	银鹰为何如此矫健	190
9.2	现代银鹰躯体的材料	193
9.3	银鹰心脏的特殊材料——航空 发动机材料	203
10	宇宙之神非凡的身躯材料	
10.1	航天结构材料特征	218
10.2	火箭与导弹的结构材料	221
10.3	火箭发动机材料	227
10.4	宇宙飞船和航天飞机材料	234
11	神奇的航空航天功能材料	
11.1	海湾战争突出了功能材料的作用	242
11.2	航空航天用红外材料	245
11.3	航空航天激光材料	248
11.4	隐形技术与隐形材料	252
	参考文献	262

1

飞天的奥秘 ——航空

1.1 不辞艰辛,蓝天飞翔美梦成真

碧空万里,广阔无垠。人类自古以来就梦寐以求能够像鸟儿一样自由地翱翔天空,遨游宇宙。《嫦娥奔月》、《牛郎织女》、《西游记》等都说明了人类幻想征服天空的愿望。人类为了这个愿望,经历了艰难曲折的过程。

2000年前中国的汉朝,皇帝王莽为了攻打匈奴,广泛征募有特殊技能的人。一天,来了一位打猎的青年,说自己会飞,可以从空中侦察匈奴。他用大鸟的羽毛做了