



C426-49
Y59a

应崇福 著

我们身边的超声世界



A1004322



清华大学出版社



暨南大学出版社

3

(京)新登字 158 号

图书在版编目(CIP)数据

我们身边的超声世界/应崇福著. —北京:清华大学出版社, 2002

(院士科普书系/路甬祥主编)

ISBN 7-302-04905-X

I. 我… II. 应… III. 超声-普及读物 IV. 0426-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 047170 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: 北京鑫丰华彩印有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 850×1168 1/32 印张: 6.5 彩插: 1 字数: 125 千字

版 次: 2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-04905-X/G·225

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 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育中大国里,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。

江泽民

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

超声常称听不见的声音。于是似乎很神秘:既听不见,又是声音,却常在许多非声音的场所冒出名字来。在医院里有B超,但不在耳鼻喉科;在多种工厂和工地,有超声探伤,大多是同金属打交道的。还有许许多多其他的例子。这是怎样一回事?同样值得查问的是,超声是怎样如此广泛来到我们身边的,是自然赋予的吗?显然不是,因为人们听不见,说不出。原来人们是通过科学研究,用双手引来的。其所以要引来,只是因为超声能服务于人民。现在的问题变为:超声是怎样引来的?

本书概略地介绍超声。全书共分“引言”、正文和“结束语”。第1章“引言”从宏观上简要地讲述超声的发现、研究和开发的全貌,给出了超声发展过程的轮廓。随后的第2章从我国的珍稀超声动物白鳍豚着手,谈谈超声的性质和它的一种“方向”特性。白鳍豚、蝙蝠等就是利用这种特性,发出和收听超声来探测环境(包括食物)的。第3章的前面部分顺势介绍医院里的B超,B超就是类似地用超声来探测人体内部的病变组织和异物。第3章的后面部分介绍了超声在医院里所起的一些治疗作用,包括人们熟知的粉碎胆结石和乳化白内障治疗手段,这时利用的是超声的另一个特性,即

“能量”特性。在第4章插缝介绍了产生和接收超声的方法，这是因为超声不像可听见的声音那样，可以由人体自己发射和感受到，必须使用专门的设备。第5章再次介绍超声在多种类型的工厂和工地的检测应用，但这里检测的却不是人体，而是金属、水泥等材料或结构件。第6章讲的是超声的一种新颖的、意外的用途，那就是充任电子器件。第7章和第8章两章的内容又回到超声的能量特性和它的更多用途。第7章介绍了超声能量的一种很特殊的作用方式，那是把能量高度集中在微小的、液体中的气泡里，集中的程度可达到 10^{12} 倍；于是，小小气泡的内部出现高温、高压，从而产生一些特殊的作用，这就是第8章所介绍的内容，它包括声化学和声空化的几项成熟应用。本书的结束语谈到了一些对超声过去的评价和未来的展望，并且显示了超声的“身影”照片。

本书作者从1998年秋开始搜集写作资料，起点就是到武汉访问白鳍豚“淇淇”。1999年更集中了近半年时间夜以继日地写作，其中熬过了北京出人意料的酷暑，到当年8月初赶完并交了书稿。事隔一年，出版社来找我，要求作些补充和修改，又隔一年，要求校对。这样，本书前后可能有少量叙述不衔接之处。

书的第5章是请耿荣生博士帮助独立写作的，耿博士现兼任中国机械工程学会无损检测学会的主任委员。其余部分是我自己写的。由于本书涉及面极广，而个人的知识有限，错误和重大遗漏在所难免，只好留待日后发现时改正。

写作中,作者曾访问了几家医院,得到几位大夫的指教,又承几家企业选送书面资料。稿件的文字录排和图画制作是朱晓红同志协助的,邓京军同志和王丽生同志也帮了很多忙。出版中出版社的张均武同志和宋成斌同志对编辑本书出了不少力。在此一并致谢。

应崇福

2002年1月

目 录

1	引言	1
2	从“淇淇”开始谈超声	6
2.1	南下访“淇淇”	6
2.2	细谈超声	8
2.3	“淇淇”为什么用超声	16
2.4	“淇淇”和它的同伙们用了怎样的超声	21
2.5	“淇淇”和它的同伙们也发出可听声	22
2.6	“淇淇”和它的同伙们的无声呼吁	25
2.7	蝙蝠和老鼠也跟超声有缘	28
3	医院里的超声	31
3.1	超声显像	31
3.2	超声乳化白内障	48
3.3	超声击碎肾、胆结石	51
3.4	超声加热治癌	55
3.5	超声用于其他治疗	56
4	超声的发射和接收	58
4.1	压电换能器	60

4.2	磁致伸缩换能器	70
4.3	电声型大功率超声发生器	72
4.4	流体动力式大功率声发生器	76
4.5	激光作为发射和检测的换能元件	78
4.6	声强、声功率和它们的测量	81
5	超声对产品质量的检测	85
5.1	超声促质量	85
5.2	介质非声学性能的超声波测量	109
6	移动电话机里的超声	118
6.1	声和电	118
6.2	从体声波到声表面波——关键性的创新	120
6.3	让换能器塑造波形	125
6.4	为声表面波增添导向机制	131
6.5	移动电话机里的声表面波滤波器	137
7	小小气泡里的高温、高压和强电场—— 神奇的声空化	139
7.1	超声产生的空化——声空化	139
7.2	小小单个气泡的不平凡表现	142
7.3	高温、高压和强电场	145
7.4	声空化尚待揭秘	151

8	声化学和声空化的几项成熟应用	154
8.1	声化学	155
8.2	声空化的几项成熟应用	164
9	结束语	173
9.1	对超声已知作用的评价	173
9.2	不断扩大超声世界	175
9.3	请见见超声	176
	参考文献	182

1

引言

人靠说话和听话来沟通信息，交流思想和感情，声音在人类活动中的重要性是不用详说的。可是，人类怎样产生和听到声音的呢？声音是什么呢？又是怎样从一个地方传到另一个地方的呢？这些却不是自然明了的。人们通过观察和分析，也就是通过科学研究，才弄清楚什么是声音，人们是怎样说和听的。除了这些最基本的事实外，人们又逐渐通过观察和分析，认识到声音的许多特征和规律，比如，为什么有的声音“大”，有的声音“小”，为什么我们能够比较容易地分辨男声和女声，或者更深入一些，能够分辨是老李还是小张在说话。