科院普士

赵梓森 编著

玻璃丝的神通

—— 浅谈光纤通信

清华大学出版社
暨南大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

（京）新登字 158 号

图书在版编目(CIP)数据

玻璃丝的神通——浅谈光纤通信/赵梓森著. —北京：清华大学出版社；广州：暨南大学出版社，2002

（院士科普书系/路甬祥主编）

ISBN 7-302-05263-8

Ⅰ. 玻… Ⅱ. 赵… Ⅲ. 光纤通信－普及读物 Ⅳ. TN929.11-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 006842 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： 北京四季青印刷厂

发 行 者： 新华书店总店北京发行所

开 本： 850×1168 1/32 **印张：** 5.25 **字数：** 100 千字

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

书 号： ISBN 7-302-05263-8/G・242

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 颙
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。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

需要全本请访问 www.ertongbook.com

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。



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

21 世纪将是“信息时代”，人们将进入“信息社会”，这一观点已逐步被人们所接受。光纤通信是信息社会的最重要的技术支柱之一，现已在国内外广泛使用 20 余年，可能大家对光纤通信这一名词已不那么陌生。为了使广大群众更好地了解光纤通信的基本知识，对大家进入新世纪生活、工作可能有帮助，这就是本书的主要目的。

本书首先介绍信息技术对人类进步的重要影响。重点阐述光纤通信的优越性，光纤、光电子器件和光纤通信系统的工作原理，简要介绍光纤的制造；其次，对当今世界光纤通信的工程应用和发展情况以及中国光纤通信的发展历史、工程应用和科研开发情况作简要介绍；对光纤通信还在向更高的水平发展，本书作概要的讨论；对光纤通信在逐步取代铜线网及其与 IP 因特网、电视网的“三网融合”的演变，也作简要介绍。本书末尾有 4 个附录。附录 A：光学的基本知识——提供给那些对物理学可能忘记的读者参考。附录 B*：光纤的其他制造工艺——提供给那些对光纤制造工艺有兴趣的读者参考。附录 C：多路通信技术基本知识——提供给那些对通信技术有兴趣的读者参考。附录 D*：光频分复用的关键器件——提供给那些对光电子器件有兴趣的读者参考。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

特别请读者注意：目录中带有*号的章节，内容比较深入，是提供给希望进一步了解的读者（如有关通信技术人员）参考的，一般读者可不必阅读。

本书的特点是：基本上没有数学公式，确保通俗易懂。表格和插图较多，比较醒目，有助读者理解。

本书的主要读者对象是：高中文化程度以上的技术与管理干部、学生、战士和对此有兴趣的人。

作者认为：科普读物的特点是要通俗易懂，具有知识性、趣味性，也就是使读者有趣地学到知识，即仍应以学知识为主要目的。由于读者广泛，可能各人兴趣不同，难以处处均有针对性。本书也许在趣味性方面做得不够，请读者谅解，但本书绝不是一本消遣读物。

赵梓森

2000年5月

目　录

1　人类进步与信息技术 …… 1
1.1　什么是高新技术 …… 2
1.2　什么是信息 …… 4
1.3　信息技术给人们带来了什么 …… 6
1.4　迎接信息社会的来临 …… 8

2　光纤和光纤通信的原理 …… 10
2.1　光纤的发明 …… 10
2.2　光纤导光和光纤通信的原理 …… 14
2.3*　光纤的制造、接续和光缆 …… 17
2.4　光纤中的能量损失 …… 24
2.5　单模光纤和多模光纤 …… 25
2.6　光波在光纤中的传播 …… 27

3　光电子器件 …… 31
3.1　激光器和发光器件 …… 31
3.2　光电检测器件 …… 36
3.3　光电子器件的参数 …… 39

4 光纤通信技术的应用和发展 …… 41
4.1 单波长光纤通信技术的发展和应用 …… 41
4.2 多波长超大容量光纤通信技术的发展和应用 …… 47
4.3 光波分复用的关键器件 …… 50
4.4* 波分复用遇到的技术问题 …… 54
4.5 实用化的超大容量 WDM/OTDM 实验系统 …… 59
4.6 采用光时分复用技术来扩容 …… 60
4.7 超大容量 WDM/OTDM 实验系统 …… 63

5 我国光纤通信技术的现状和开发 …… 66
5.1 我国光纤通信技术的发展简史 …… 66
5.2 我国光纤通信工程应用的现状 …… 69
5.3 我国光纤通信的科研和开发 …… 76

6 信息网与光纤通信网 …… 78
6.1 电话网、电视网和计算机网中的光纤线路 …… 78
6.2 各种用户接入网技术 …… 85
6.3 光纤接入网 …… 94
6.4 光纤到家庭 …… 97
6.5 信息网的发展及其未来 …… 101

7 未来光纤通信技术的探索 …… 107
7.1 新型光纤的研究 …… 107

7.2 光集成器件和光电集成器件的研究 …… 109
7.3 新理论和新系统的探索 …… 117

附录 A 光学的基本知识 …… 123

附录 B* 光纤的其他制造工艺 …… 128

附录 C 多路通信技术基本知识 …… 133

附录 D* 光波分复用的关键器件 …… 139

参考文献 …… 144

1 人类进步与信息技术

近几十年来，人类社会进步很快，而且越来越快，这主要是由于高新技术的发展。人类学会使用工具已有几万年历史。18世纪，蒸汽机的发明，使人类靠体力劳动从事生产转变为用机器进行生产，引起一场工业革命。热力机械能的应用经历百年，到了19世纪，人们开始使用电能，电动机、电灯和电话十分方便。再经近百年，电子技术兴起，从电子管到晶体管，从有线通信、无线电通信和广播，直至今天的电视等，电子技术已是跟当今人们生活息息相关的事物，可以说20世纪，从60年代后，人类进入电子时代。然而，尤其是近20

“高新技术”的内涵。

年，人类取得飞跃的进步。年纪较大的人会回忆解放初期的工业和生活水平跟现在的水平相比，简直有难以想象的差别，这主要是高新技术的作用。高新技术好比是一个推动力，使人类历史的进步更快（见图 1-1）。

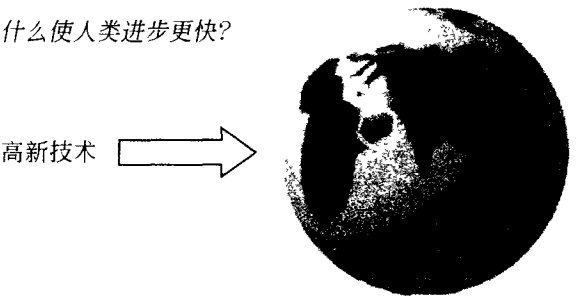


图 1-1　高新技术加速了人类的进步

1.1　什么是高新技术

对“高新技术”一词，至今没有统一的定义，但一般认为，包括有下列高新技术：

- 核能应用技术：例如核聚变
- 生物工程技术：例如 DNA
- 新材料技术：例如超导，半导体等
- 航天技术：例如登月旅行，卫星通信等

（与信息技术互相支持）

- 微电子技术：例如大规模集成电路(LSIC)
- 光电子技术：例如激光，光纤通信
- 信息科学：例如通信技术，计算机技术

（信息技术）

需要全本请访问 www.ertongbook.com