



汪成为 著

人类认识世界的帮手

—— 虚拟现实



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

人类认识世界的帮手——虚拟现实/汪成为著. —北京:清华大学出版社;广州:暨南大学出版社,2000.5

(院士科普书系/路甬祥主编)

ISBN 7-81029-936-0

I. 人… II. 汪… III. 计算机仿真-普及读物
IV. TP391.9-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 27218 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学学研楼,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:7 彩页:4 字数:138 千字

版次:2000年6月第1版 2000年7月第2次印刷

书号:ISBN 7-81029-936-0/G·137

印数:5001~10000

定价:15.00 元

《院士科普书系》编委会

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 (按姓氏笔划排序)

王佛松 王 越 王 夔 方智远 卢永根
母国光 旭日干 刘大响 刘元方 刘鸿亮
关 桥 汤钊猷 许根俊 孙鸿烈 李大东
李廷栋 李依依 杨 乐 吴有生 吴德馨
何凤生 何鸣元 汪旭光 汪品先 陆建勋
陈可冀 陈运泰 陈建生 陈厚群 范维唐
季国标 金怡濂 周于峙 周永茂 周 恒
郑健超 赵忠贤 胡仁宇 钟万勰 钟南山
洪德元 姚福生 秦伯益 顾诵芬 钱七虎
徐冠华 殷瑞钰 黄志镗 龚惠兴 梁栋材

编委会执行委员 郭传杰 葛能全 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 何仁甫(中国科学院学部联合办公室)

冯应章(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六千余年。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。

十五世纪之前，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十四个世纪以上。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育中大国里,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.

一九九九年十二月二十三日

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

20世纪90年代初,世界上突然涌现出一股科技新潮,随之出现了一系列冠以VR的新技术、新术语。在西方,VR是Virtual Reality的缩写,中文可直译为“虚拟现实”。开始时还只是信息技术领域的人重视它,但当信息技术领域内的专家学者尚未把它的理论和技术探讨得十分清楚时,它已渗透到科学、技术、工程、医学、文化、娱乐的各个领域了,并表现出引人瞩目的应用潜力。人们普遍认为,这也许就是人类所追求的人机和谐的信息处理环境的前奏。因为这项技术能使人与信息处理环境的关系变得比以往更为密切与和谐,它能使由它所构成的计算机软硬件环境变得比以往更为强大与灵巧,所以我国著名的科学家钱学森曾建议把Virtual Reality技术译为“灵境技术”,由它所构成的信息处理环境称为“灵境”。

在过去的几年中,有关虚拟现实的学术会议、论文不只是在信息领域界、也是许多交叉学科的热点,与此有关的技术产品和应用系统在美国、英国、德国、法国、意大利及日本等国已引起技术界、产业界和用户的关注,与虚拟现实有关的术语似乎也成了街谈巷议的话题。通过目前所取得的初步成就,人们已亲自尝试到如何进入一个由计算机软硬件和各种先进的传感器所构成的三维(立体)的人工环境。在这个环境中,虚实结合得如此和谐,使你感到就像在真实物理

世界中活动,又像在奇境中漫游。当你戴上特殊的头盔(或眼镜)和手套后,在强大的计算机软硬件的支持下,你可以翱翔飞行,可以访问世界各地,可以和分子游戏,甚至穿行在人体内的组织和器官之间。

虽然虚拟现实技术的“桅杆”刚刚露出地平线,它的应用系统仅仅处于实用的起点,在它的前面还有很长的路要走,在理论和技术上还有很多必须跨越的障碍,但人们已经认识到它的巨大潜力和美妙前景了,预感到它将影响世界上的几乎每一件事:从生产到生活,从科研到教学,从工业到商业,从工程到医学,从艺术到娱乐,从各种技术培训到军事训练,它不仅能改善残疾人的生活,也能改善健康人的社会生活。

近三年来,虚拟现实技术又有了新的突破和发展,对虚拟现实的概念和机理研究得更深入了,多模式人机接口的技术和设备更先进了,创建虚拟现实环境的工具和手段的功能更强了,虚拟现实环境中的虚实结合更为融洽了。尤其令人兴奋的是,在最近这几年中研制出许多十分有效的虚拟现实应用系统,它们充分显示出虚拟现实技术和各种虚拟现实应用系统的巨大潜力。

“科学技术是第一生产力”,现代科学技术的突飞猛进,必然会推动社会的全面进步,新兴的虚拟现实技术已经开始引起许多行业的变革。例如在设计领域,人们已经可以在楼房或飞机的图纸还未出来之前,到楼房中巡视,到飞机中检查设计是否合理。又如在医学领域,它不仅已经在诊断、治疗甚至手术中发挥作用,而且已经使某些医疗培训工作在虚拟现实技术所设计的虚拟环境中进行了,既不会对病人造成生命危险,又可以重现高风险、低概率的手术病例,可供培训

对象反复练习。

对于这样一项有深远影响的新技术,人们一定会问,究竟什么是虚拟现实?它是如何发展形成的?它能为我们做些什么?它的未来将如何?本书将为广大的科普爱好者回答以上这些问题。

汪成为

2000年3月

目 录

1 虚拟现实形成中的故事	
1.1 什么是虚拟现实	1
1.2 虚拟现实技术的诞生	5
1.3 影视娱乐对虚拟现实发展的影响	12
2 从人是如何感知和认识世界谈起	
2.1 人的感觉器官	24
2.2 人的感知能力的扩展与科学技术的作用	36
2.3 人类感知的再现技术	56
3 虚拟现实系统的关键技术和新进展	
3.1 虚拟现实系统的基本技术特征	76
3.2 人机接口——先进传感器技术及产品	79
3.3 虚拟现实系统的基石——具有多媒体功能的计算机	86
3.4 虚拟现实系统的灵魂——软件	91
3.5 虚拟现实技术的新进展	98
4 典型的虚拟现实应用系统	
4.1 科学计算的可视化和沉浸化	137

4.2	虚拟的教育培训系统	139
4.3	“火星探路者”计划中的虚拟现实技术	141
4.4	虚拟设计和制造	144
4.5	虚拟运动员	149
4.6	虚拟医学诊断	152
4.7	虚拟战场	155
4.8	虚拟艺术馆	161
4.9	虚拟儿童乐园	166
4.10	虚拟考古学家	168
4.11	虚拟机场的空中交通管制	172
4.12	虚拟坦克学校	174
4.13	虚拟宇航员	177
4.14	虚拟的未来城市	180
5	我国虚拟现实技术的明天	
5.1	人脸、人体合成及其识别技术	187
5.2	分布式虚拟环境	193
5.3	虚拟故宫	196
5.4	虚拟现实技术在建筑和机械中的应用	198
5.5	虚拟现实技术的明天	201
	参考文献	204

1

虚拟现实形成中的故事

1.1 什么是虚拟现实

人类为了改善自己的生存环境,提高生活质量,就必须认识世界和改造世界。人虽然是万物之灵,具有功能强大、结构精巧的五官、肢体和大脑,但客观世界是错综复杂的,宇宙是广阔无垠的,在人类不断地认识世界和改造世界时仍迫切需要各种强有力的工具,用工具来增强、延伸、扩大自己的感官、肢体和大脑的功能。杠杆、滑轮、千斤顶等增强了我们肢体的功能;望远镜、显微镜、雷达等增强了我们眼睛的功

人类需要用工具来增强、延伸、扩大自己的感官、肢体和大脑的功能。

能；听诊器、助听器、收音机等增强了我们耳朵的功能；计算机、仿真模拟器、精密分析仪器等增强了我们大脑的功能。总之，数千年来，由于科学技术的进步，人类已经发明和创造了各种各样的工具，它们都是我们人类的好帮手，我们一直是在依靠这些工具，深化对世界的认识，加速对世界的改造。

但是，在虚拟现实技术出现前，虽然计算机技术、通信技术、影视技术、仿真技术、测量技术等，已为我们提供了分析世界、观察世界的有力工具，但我们人类基本上都是借助这些工具的屏幕、仪表，以及绘图仪和音响器，根据它们所输出、显示和报告的结果，去分析和观察客观世界的。我们是基于这些输出的结果，再根据我们已具有的知识，进而利用我们的想象力，去外推探索中的未知世界。当然，这些帮手都是很了不起的，它们都发挥了巨大的作用。但是从理论上讲，这些帮手基本上都只能帮助我们进行单方向的推理，而世界是如此的广袤和复杂，我们所了解的知识 and 能控制的范围又实在太有限了。如果我们只能作单方向的推理是远远不够的。人类盼望着能够找到这样一个好帮手：

(1) 能够基于对研究对象的认识，根据研究问题的需要，提供一个具有尽可能逼真的虚拟对象、虚拟环境的虚拟世界。

(2) 帮助我们沉浸在这个虚实结合的环境中，身临其境地体验这个虚拟世界中的一切，在这样的环境中研究和分析问题。

(3) 能够根据需要，灵活地扩大或缩小虚拟世界的时间尺度和空间尺度。例如，在数秒钟内观察地壳的演变历程，