国家重点图书

周锡元　吴育才　编著

工程抗震的新发展

清华大学出版社
暨南大学出版社

科院士
普

周锡元　吴育才　编著

工程抗震的新发展

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

工程抗震的新发展/周锡元,吴育才编著. —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 7-302-05592-0

Ⅰ.工… Ⅱ.①周… ②吴… Ⅲ.建筑结构—抗震措施—普及读物 Ⅳ.TU352.1-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 041325 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: 7.25 字数: 143 千字
版 次: 2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 7-302-05592-0/G·280
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 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

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

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。

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

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

本书前言

在历史上人类已经无数次蒙受强烈地震所造成的灾难。在古代，人们对这种突然降临的灾害完全束手无策，幸存的人们只能在地震造成的废墟上重建自己的家园。直到19世纪末和20世纪初科学家和工程师才考虑如何应用人类文明创造的成果防御和抗御地震灾害。这就产生了一门新的技术科学——地震工程学。20世纪是科学技术突飞猛进的时代。人类在航天、通信、材料、生物等许多领域取得了辉煌的成就，并为之自豪。在21世纪的今天，人类对未来更是充满信心。随着基因工程的发展，人的平均寿命将大幅度地提高，但是文明的发展与进步还远未能够使人类彻底摆脱自然灾害的困扰，特别是地震灾害。到了20世纪80年代末，世界各国的有识之士都意识到，人类抗御自然灾害的能力还是很有限的，于是在联合国169号决议中提出20世纪的最后10年为“国际减灾十年”。在这10年中尽管各国政府对减灾工作给予了极大的重视，但是自然灾害依然在世界各地频频发生。据统计，20世纪90年代的自然灾害损失是80年代的3倍。在地震灾害方面，尤其令人注目的是发生在1995年1月17日日本关西地区兵库县南部地震（也称大阪神户地震），1999年8月17日土耳其萨卡里省地震和我国台湾南投县地震，这些地震都造成了巨大的人员伤亡和财产损失。兵库县南部地震的严重灾害，使一向以抗震科技领先于世界的

日本工程界认识到，在抗震设计、抗震设备和建造技术方面还存在许多问题。

上面已提到的兵库县南部地震及其前一年同一天发生在美国洛杉矶北部的北岭地震都给城市基础设施带来很大的灾害，不过，按照新的抗震设计规范设计和施工的现代建筑大多数都经受住了强烈地震的考验。在 1996 年 2 月 3 日的我国云南省丽江地震也表明，近 20 年来的抗震防灾措施（其中包括单体工程抗震和城市综合防灾对策）能够有效地减轻地震灾害。按建筑规范采取的传统抗震措施，虽然能够保障主体结构的安全，但是常常不能确保其震后的使用功能。例如，在美国北岭地震震中区附近，有一座 6 层的县医院，这是在 1971 年圣弗南多地震中遭受严重破坏的奥立维医院拆除以后原地重建起来的新医院。在重建中采取了强劲的抗震措施。这栋建筑在这次地震中的确不负众望，主体结构几乎没有遭受破坏，遗憾的是，由于振动太强烈，建筑物内部的设备和设施都遭到严重破坏，致使震后不能正常工作。在这次地震中，距离震中 36 km 的洛杉矶南加州大学医院的地面振动也很强烈，达到了美国规范中规定的地震作用的最大值，由于采用了叠层钢板橡胶支座隔震方法，建筑物本身和内部设备均未遭受损害，不影响震后继续使用。分析表明，如果南加州大学也处在北岭地震的震中区，也不会产生需要维修和影响震后正常使用的震害。这一情况说明，在工程结构中采用隔震减振措施，不仅可以保护结构免遭破坏，而且能够保障震后的使用功能。这充分体现了“隔”和“抗”的不同结果。采取一般性抗震措施的建筑物对地震时地面运动常常有放大作用，传统的抗震措施就是要抵抗住放

大以后的地震作用。隔震、减振技术则是设法减小结构在地震时的振动，它不只是使建筑物更好抗御地震，而且使居住在其中的人感受的振感也大大减小。采用振动控制，目的同隔震减振是一样的，只是实施的途径更加复杂。所有这些，都可以从书中看到。

隔震、减振的思想可以说是由来已久，但真正成为一种现实可行的有效方案，还是近二三十年以来的事情。其中最有应用前景的隔震机构也许就是叠层钢板橡胶支座，其他的隔震、减振和振动控制方案也如雨后春笋一样不断出现。本书试图以通俗易懂的方式对这些方案和机构做概略的介绍，目的是想引起社会各界的共同关注和青少年对新鲜事物的兴趣。这里所说的社会各界，包括建筑师，结构工程师，岩土工程师和化工、材料、机电、冶金、自动控制工程师，以及有关的大专院校师生，主管城乡建设和有关行业的行政领导，有远见的企业家，房地产开发商等等。

工程抗震主要是土木建筑工程师考虑的问题。大家对传统的抗震技术都比较熟悉。传统的抗震技术是结构工程中的一种附加的措施，一般不需要专用的材料和部件，设计中规定的各项抗震要求都可以由施工单位在施工现场实现。采用隔震、减振和振动控制方法则需要具有相应的专用部件和设备。研究和开发这些部件和设备，並使之产业化、标准化是发展和推广应用隔震、减振和振动控制技术的基础和条件。这也许会带动一个新型产业的发展。编写本书的目的之一就是想通过对抗震新技术的概略介绍，使从事土建专业的技术人员和所有感兴趣的读者对这一新技术有所了解，並在土木建筑专业与其他有关专业间架起增进联络和合作的

桥梁，共同为发展和完善这一新技术，彻底摆脱地震灾害贡献力量，同时也是为了吸引更多的后来者加入到这一行列中来，或者使他们对能发展自己的学业和事业有所启迪。

本书共分 6 章，前两章中概述了地震和抗震的基本知识。以下几章分别介绍基础隔震、阻尼减振、吸能减振和振动控制技术的原理、方法和实际应用情况。为了便于阅读和理解，书中提供了大量的插图和照片，希望读者能在很短的时间中通过文字描述和形象化的画面了解新技术的概貌。如果想要深入了解其中的细节，还可以通过书后所列的参考文献去进一步查找有关的资料。我们希望本书对有兴趣的业内和非业内人士以及在校学生都能有所裨益。不过由于书中所要介绍的内容比较广泛而涉及到许多领域，作者虽在其中的若干问题上做过一些工作，但接触的面还是很窄的，对有些内容由于理解不深和表达不清，使读者产生困惑是在所难免的。写这样的书，我们还是第一次，虽然已尽了力，也未必能写好。这些都希望读者能够谅解。本书的编写还得力于杨祖音女士，她不仅参与了文字的修改，还为本书绘制了插图。我们还要感谢康凯先生，他在文稿打印等方面给予我们很大的帮助。此外还要感谢中国科学院技术科学部和清华大学出版社的策划和支持。没有他们的精心策划和多方面的支持，本书也是不可能顺利出版的。

周锡元

2001 年 3 月

周锡元院士（1938—），江苏无锡人，研究员，博士生导师，国家级有突出贡献专家。长期从事工程抗震研究工作，20世纪60年代中期首先提出场地相关反应谱，至今为建筑抗震设计规范所沿用；发展了地震力统计理论、强震地面运动特性和场地影响的研究，70年代首先在国内发展了地震动小区划的定量方法；80年代提出和发展了设计地震和地震危险性分析方法；在国内推动和发展了城市和区域综合抗震防灾技术与规划；90年代主持建筑和生命线抗震新体系研究，负责完成了房屋建筑隔震减震方法的研究和工程应用，推动了产业化进程。著作有《地震工程概论》、《场地·地基·设计地震》、《抗震工程学》等。曾先后获国家科技进步奖二等奖2项，三等奖2项。1997年当选中国科学院院士。

目　录

1　地震与地震作用 …… 1

1.1　地震类型 …… 1

1.2　地震度量 …… 4

1.3　地震作用 …… 10

1.4　地震危险性与抗震设防水准简介 …… 20

2　建筑物抗震 …… 23

2.1　建筑物抗震的基本思路 …… 23

2.2　建筑物的动力特性 …… 26

2.3　多自由度体系的振型分解 …… 34

2.4　地震作用与抗震能力计算方法 …… 40

2.5　多层砌体房屋的抗震 …… 47

2.6　多层与高层钢筋混凝土房屋的抗震 …… 52

3　积极抗震之一——基础隔震 …… 57

3.1　积极抗震的历程 …… 57

3.2　基础隔震概况 …… 60

3.3　基础隔震的主流技术——叠层橡胶支座隔震 …… 66

3.4　基础隔震的其他方法 …… 76

3.5　其他有关设计 …… 85

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com