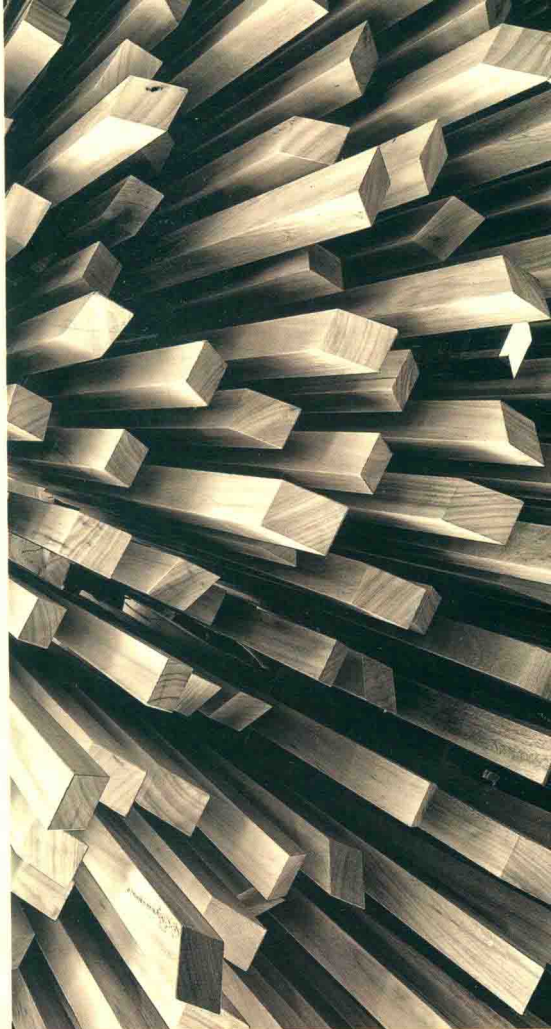




开放人文

# Engineering

*An Endless Frontier*



[美] 欧阳莹之 著

李啸虎 吴新忠 闫宏秀 译

Sunny Y. Auyang

## 工程学

无尽的前沿

上海世纪出版集团

# 工程学

## 无尽的前沿

[美] 欧阳莹之 著

李啸虎 吴新忠 闫宏秀 译

世纪出版集团 上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程学：无尽的前沿/(美)欧阳莹之(Auyang, S. Y.)  
著；李啸虎，吴新忠，闫宏秀译.—上海：上海科技教育  
出版社，2017.7

(世纪人文系列丛书·开放人文)

ISBN 978-7-5428-5855-9

I. ①工… II. ①欧… ②李… ③吴… ④闫… III. ①工  
程技术—概论 IV. ①TB

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 047472 号

---

责任编辑 陈浩 赵地  
装帧设计 陆智昌 朱赢椿 汤世梁

---

工程学——无尽的前沿

[美]欧阳莹之 著

李啸虎 吴新忠 闫宏秀 译

出 版 世纪出版集团 上海科技教育出版社  
(200235 上海冠生园路 393 号 www.ewen.co)  
发 行 上海世纪出版集团发行中心  
印 刷 上海商务联西印刷有限公司  
开 本 635×965 mm 1/16  
印 张 27  
插 页 4  
字 数 320 000  
版 次 2017 年 7 月第 1 版  
印 次 2017 年 7 月第 1 次印刷  
ISBN 978-7-5428-5855-9/N·999  
图 字 09-2004-740 号  
定 价 65.00 元

工程学

世纪人文系列丛书编委会

主任

陈 昕

委员

丁荣生	王一方	王为松	毛文涛	王兴康	包南麟
叶 路	何元龙	张文杰	张英光	张晓敏	张跃进
李伟国	李远涛	李梦生	陈 和	陈 昕	郁椿德
金良年	施宏俊	胡大卫	赵月瑟	赵昌平	翁经义
郭志坤	曹维劲	渠敬东	韩卫东	彭卫国	潘 涛

## 出版说明

自中西文明发生碰撞以来，百余年的中国现代文化建设即无可避免地担负起双重使命。梳理和探究西方文明的根源及脉络，已成为我们理解并提升自身要义的借镜，整理和传承中国文明的传统，更是我们实现并弘扬自身价值的根本。此二者的交汇，乃是塑造现代中国之精神品格的必由进路。世纪出版集团倾力编辑世纪人文系列丛书之宗旨亦在于此。

世纪人文系列丛书包涵“世纪文库”、“世纪前沿”、“袖珍经典”、“大学经典”及“开放人文”五个界面，各成系列，相得益彰。

“厘清西方思想脉络，更新中国学术传统”，为“世纪文库”之编辑指针。文库分为中西两大书系。中学书系由清末民初开始，全面整理中国近现代以来的学术著作，以期为今人反思现代中国的社会和精神处境铺建思考的进阶，西学书系旨在从西方文明的整体进程出发，系统译介自古希腊罗马以降的经典文献，借此展现西方思想传统的生发流变过程，从而为我们返回现代中国之核心问题奠定坚实的文本基础。与之呼应，“世纪前沿”着重关注二战以来全球范围内学术思想的重要论题与最新进展，展示各学科领域的新近成果和当代文化思潮演化的各种向度。“袖珍经典”则以相对简约的形式，收录名家大师们在体裁和风格上独具特色的经典作品，阐幽发微，意趣兼得。

遵循现代人文教育和公民教育的理念，秉承“通达民情，化育人心”的中国传统教育精神，“大学经典”依据中西文明传统的知识谱系及其价值内涵，将人类历史上具有人文内涵的经典作品编辑成为大学教育的基础读本，应时代所需，顺时势所趋，为塑造现代中国人的人文素养、公民意识和国家精神倾力尽心。“开放人文”旨在提供全景式的人文阅读平台，从文学、历史、艺术、科学等多个面向调动读者的阅读愉悦，寓学于乐，寓教于心，为广大读者陶冶心性，培植情操。

“大学之道，在明明德，在新民，在止于至善”（《大学》）。温古知今，止于至善，是人类得以理解生命价值的人文情怀，亦是文明得以传承和发展的精神契机。欲实现中华民族的伟大复兴，必先培育中华民族的文化精神；由此，我们深知现代中国出版人的职责所在，以我之不懈努力，做一代又一代中国人的文化脊梁。

上海世纪出版集团  
世纪人文系列丛书编辑委员会  
2005年1月

# 工 程 学



獻給母親

# 对本书的评价

《工程学——无尽的前沿》一书的见解给我留下的印象极为深刻，欧阳莹之关于这一论题的渊博知识让人叹为观止。这正是美国国家工程院一直鼓励的、向公众大力宣传工程学重要性的那类书籍。它必定有着经久不衰的销售生命，因为它汇集了常人不易接触到的材料，并为任何乐于从事工程技术职业的人提供了一种参考。工程学需要这本书！

——哈钦森(John Hutchinson)、  
阿博特·劳伦斯(Abbot Lawrence)和  
詹姆斯·劳伦斯(James Lawrence)，  
哈佛大学工程学教授

《工程学——无尽的前沿》一书的视野令人惊叹。欧阳莹之生动地描述了当代工程技术的各种实践和产物，提供了历史背景，解释了不同领域工程创新的科学基础，涉及了广泛的系统水平上的管理活动、企业

活动以及设计活动,这些活动遍及各个行业。实属罕见的是:单凭作者的一己之力,就能把握和解释现代技术的本质特征,而这又必须跨越一系列工业部门和工程学科,解释它们如何运作,它们为何按照这种方式运作,以及它们在创新、发展甚至维护上所需要的是什么。

——布恰雷利(Louis L. Bucciarelli),

麻省理工学院工程与技术研究教授

# 内 容 提 要

我们生活在一个工程的世界里,科学和工程、技术和研究之间的根本差别正在快速消泯之中。本书展示的是:随着 21 世纪的曙光降临,自然科学家的目标——发现什么是未知的,工程师的目标——创造什么是未有的,两者正在经历一种前所未有的一体化趋同过程。

欧阳莹之广泛地论证了:当今的工程学不仅是科学的合作者,而且两者同等重要。通过简略地提及工业实验室、化学工程和电气工程的出现,机床工业和汽车工业旋风般的历史进程,以及核能技术和信息技术的兴起,她的著作展现了现代工程学的壮阔图景:它的历史、结构、技术成就和社会责任性,它同自然科学、工商管理和公共政策的相互关系。欧阳莹之擅长利用案例进行研究,例如 F-117A 型“夜鹰”隐形战斗机、波音 777 型客机的开发,以及亥维赛等工程师兼科学家型、福特和比尔·盖茨等工程师兼企业家型、斯隆和韦尔奇等工程师兼经理型等杰出人物的实践,给广大读者一种清晰的感悟:工程学必将在未来科学研究中发挥基本作用。

# 作者简介

欧阳莹之(Sunny Y. Auyang),美籍华裔物理学家、科学学家,先后在上海、香港、美国等地就读小学、中学、大学,1972年获麻省理工学院物理学博士学位。毕业后曾在美国惠普公司供职,后在麻省理工学院从事研究工作20余年,1992年以来,她的研究兴趣转向对科学技术本质的哲学考察。除了本书外,还著有《量子场论如何可能?》(1995)、《复杂系统理论基础》(1998)、《日常生活和认知科学中的心智》(2000)等。

# 中文版序

中国古来以农立国，士人不免轻工贱商。这态度应随现代化而彻底改变。现代工程融会数理，与科学并驾齐驱，且在应用上常顾及科学之所不及。工程师不但要精于运算及掌握理论，他更要清晰什么科学原则适用于什么实际环境，决定施用哪些自然现象以获效果最佳的设计。无论飞机或桥梁、电脑或通信，工程产品必须在现实条件下运作无滞。因此创造科技产品的工程师一面宏观应用大局，一面工夫入微，摒弃文人空抛主义、虚谈玄理等浮夸风气。

一贯客观务实的立场，加上科学分析，培养成工程师很强的规划决策能力。能运筹者亦可驰骋于商界政坛。从铁路、汽车开始，许多现代工业都基于科技工程。把工程要务之一的策划生产扩展到工商管理乃顺理成章。在美国，工程师于20世纪初首创大型公司的体制，至今仍有不少名列企业总裁首席。在现时中国，国家领导人中理工出身的也不在少数，想非偶然。

18世纪初年，中国的国民生产总值与整个欧洲（除俄国）的不相

上下,各占世界生产总值的23%。19世纪西方工业革命,经济猛进,中国则迟滞不前。到1978年,欧洲的生产总值上升至世界生产总值的28%,高于美国的22%,中国的则下沉至5%,不及苏联的9%。<sup>\*</sup>幸而这时中国开始改革,扭转世局。至2007年,中国的国民生产总值(购买力计)已跃居世界第二,驾乎俄、德、英三国总和之上。<sup>\*\*</sup>而且经济增长速度不减,索回历史地位。国运兴衰,涉及政治社会文化等复杂因素,但无可否认,科技是必要因素之一。

中国在世界竞争,目前最靠重的仍是大量低薪劳工,但其他优势亦不断增强。政府开放市场,引进外国科技,更致力教育,投资科研,促进发展,栽培本国技术能力。西方分析家目睹中国超乎常速地发展中级甚至高级科技的工业,震惊之余,却也认为:虽然中国的大学每年毕业的理工学士人数比欧盟或美国的多,但毕业生素质总体尚低;况且偏重死记硬背、遵奉权威的教育习俗,有碍培育独立思考的创新人才。西方国家多把例行科技让给东方人去做,自己专攻最尖端亦最盈利的突破创新。但事情正在变化,明天的格局或许会大为不同。

科技创新如今是大热门。创新不止发明,也不同发现。再奇巧的发明,若不能被适价生产、广受欢迎,也只能积尘架上,不成创新产品。科学发现专顾自然现象,工程技术创新必须兼顾自然、人民和社会因素。由于其复杂程度,发展工程技术创新所需的人才物资,高于纯科学研究的10倍以上。这是工程学和纯科学的一大分异。如何分配有限资源,协调科研与发展,以求当下及长期的最大创新,给予国民经济最大推动,是政策和社会上的大问题。参与解决它,工程师和科学家们责

---

<sup>\*</sup> *Chinese Economic Performance in the Long Run*, A. Maddison, OECD, Paris (1998).

<sup>\*\*</sup> World Development Indicators database, World Bank, 2008.

无旁贷。

现代工程怎样创新？本书介绍工程学三大相叠范畴：科学、设计、管理。它提供一个对科学、技术和工程的广泛认识，并叙述不少历史实例，旨在解释工程师们如何运用科学，改造自然，变抽象知识为实用资料，组织劳动生产，捕捉时机，发明创新，或渐进，或突破，发展出 100 年前想不到但今天是生活必需的各种优秀科技。

我本专研物理，后转思索有关科技的哲学。在美国麻省理工学院及科研生涯中，我交到不少从事工程的朋友，学到很多有趣的知识。为了撰写本书，我旁听了好些课。在此谨向各位教授和友人致谢。

为了便于广大读者阅读，本书引注从简。若有意于参考文献或额外资料，可访 [www.creatingtechnology.org](http://www.creatingtechnology.org)。

欧阳莹之



# 译者序

在校阅本书初校样时，正值全球瞩目、华夏欢腾的第29届夏季奥林匹克运动会在中国国家体育场隆重开幕。入夜，五大洲的亿万观众，在为五彩缤纷的表演场面而欢呼时，也定然会为夜色中的“鸟巢”和“水立方”的美轮美奂而惊叹！这些工程设施，堪称是现代科技和艺术表现的完美结合。

现代公众对于工程建设习以为常，举目环顾，我们就生活在形形色色“工程的丛林”之中，衣食住行无不和工程技术息息相关。20世纪下半叶以来，“工程”这一词汇在媒体传播和社会各界中的出现日益频繁，并且越来越超越原有内涵而广义化为学术界的、进而社会上的流行语。这是科学、技术和生产一体化、社会化、工程化进程不断加速和强化的生动写照，也是系统科学与工程的理论和方法得到越来越广泛应用的必然产物。

本书是美籍华人科学家欧阳莹之女士近年的一部力作。它的书名不禁使人想起另一本名著《科学——无尽的前沿》。那原是美国电气工