

STRUCTURE Engineering



结构工程学科的进展与前景

The Development and Prospect of Structural Engineering

刘西拉

中国建筑工业出版社

结构工程学科的进展与前景

刘西拉

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

结构工程学科的进展与前景/刘西拉. —北京:中国建筑
工业出版社,2007

ISBN 978-7-112-09549-0

I. 结… II. 刘… III. 结构工程—文集 IV. TU3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 133775 号

结构工程学科的进展与前景

刘西拉

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制作

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:7 $\frac{1}{4}$ 字数:214 千字

2007 年 11 月第一版 2007 年 11 月第一次印刷

印数:1—2500 册 定价:22.00 元

ISBN 978-7-112-09549-0

(16213)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

作者介绍



刘西拉，上海交通大学土木工程系教授，毕业于清华大学，曾获美国PUTDUE大学博士学位。

刘西拉教授的主要研究工作包括结构的安全性、耐久性和土木工程中的知识系统。1985年获美国土木工程师协会(ASCE)结构科研奖(Raymond C. Reese奖)，被誉为美国土木工程界有突出贡献者，是荣获此奖的第一个中国学者。1988~1993年负责过国家自然科学基金重大科研项目“工程建设中的智能辅助决策系统的应用研究”，取得大量国际水平的成果。1994~2000年被国家科委任命为国家攀登计划“重大土木与水利工程安全性与耐久性的基础研究”首席科学家，该项目被专家们评为优秀。此外，还负责过国家自然科学基金会“结构工程学科发展战略”(1991)和“工程学科发展战略研究报告”(1999)的起草。2004年任中国科协“2020年的中国工程技术发展研究”主报告的第一起草人。2006年被中国土木工程学会聘为《2006年土木工程学科进展研究及发展报告》研究课题组首席科学家。

本书是作者近年来针对土木工程学科发展所发表的一些重要报告和文章的汇编,其中包括土木工程学科发展的综述,以及在建筑结构的安全水平与耐久性、结构倒塌与结构鲁棒性、土木工程知识系统与信息、工程教育、钢筋混凝土结构理论等方面的最新进展和发展前景,还包括作者对当前土木工程研究和教育领域存在的一些问题的反思和建议。

本书可作为土木工程和结构工程领域的广大设计人员、科研人员和高校师生的参考用书。

责任编辑:王 梅 李天虹

责任设计:郑秋菊

责任校对:陈晶晶 孟 楠

序 言

这本论文集收录了刘西拉博士近十年来在结构工程学科领域方面的一些重要论文和报告，其形式和他在1997年出版的《结构工程学科的现状与展望》一书相同。书中包括了作者一项重要的工作，即土木工程学科发展综合报告（2006），以及在一些重要学术会议、杂志刊物上所发表的令人鼓舞的报告和文章。

刘西拉博士在钢筋混凝土结构的安全性和耐久性的研究领域里曾作出了重大贡献。在国际上，他被认为是钢筋混凝土高层建筑施工过程中的安全分析方面的开拓者之一，同时他不知疲劳地努力把一些高水平的研究成果推广到日常的工程实践中，为此做出了大量的工作。

在国内，他对土木工程的研究和教育所作出的贡献和造成的影响同样是重要和突出的。从1994年到2000年，他曾是国家攀登计划“重大土木与水利工程安全性与耐久性的基础研究”的首席科学家。1991年和1999年，他曾分别担任中国国家自然科学基金委“结构工程学科发展战略”和“工程学科发展战略研究报告”的主要撰稿人。2004年他是中国科学技术学会“2020年的中国工程技术发展研究”总报告的第一撰稿人，2006年他又被中国土木工程学会委派为撰写“土木工程学科发展综合报告”的首席科学家。

刘西拉博士从1992年起任全国政协委员至今，多次为提高中国的工程质量和工程教育质量奔波、呼吁。1998年，为了解决全国的工程品质差、安全事故频繁的问题，他和他的同事们花

了一年的时间准备了一个大会发言，作了大量的调查研究，甚至专门和建设部几个部长座谈，研究解决的办法。1999年3月在人民大会堂讲台上，他大声呼吁要从3E（Engineering, Education and Enforcement）下手，特别要加强法治，而且应该从目前发生的恶性事故马上下手。这个发言数次被会场听众的热烈掌声打断，时任全国政协主席李瑞环为此专门下达了批示。这个发言至今在工程界还很有影响，受到同行的好评。我想这正反映了他对祖国人民的一种强烈的责任意识。

二十多年前，他作为我在美国印地安那州普度大学的一个博士生，我已经怀着很大的兴趣和赞许注视到他学术和研究工作的发展。通过他的许多演讲、出版物和为政府各部门的服务，特别是在结构工程领域内，他已经得到国家和国际上的承认。

长期以来，他曾在清华大学土木工程系出色地出任“主讲教授”和系主任；之后，他又在上海交通大学土木工程系任“责任教授”和系主任。这两个大学都是中国顶尖的工科大学。

刘西拉博士是一个出众的工程师，也是一个非常投入的教师，他为了我们工程领域的研究、教育和实践做了大量的工作。这本论文集是他在近十年最重要的一部分工作，他在这些方面出色的造诣真实地反映在他的这本书中。

相信读者会喜欢这本书，并从作者的体验和观点中获益。

美国国家工程科学院院士

美国土木工程学会荣誉会员

原美国夏威夷大学工学院院长

原美国普度大学土木工程 Geoge E. Goodwin 杰出教授

陈惠发（W. F. Chen）

2007年7月6日

作者序言

十年前，我曾在人民交通出版社的支持下出版了一本《结构工程学科的现状与展望》，书中分两部分，第一部分是我应国家自然科学基金委员会的委托撰写的“结构工程学科发展战略研究”报告，第二部分是自1993年来在国内外各种学术会议上所做的大会特邀报告的选编。我自己称之第一部分是“纲”，第二部分是“目”，希望能“纲举目张”，形成一个整体。这次我又有幸在中国建筑工业出版社的支持下，再出版一本《结构工程学科的进展与前景》。书分为六部分，第一部分是我应中国土木工程学会的委托撰写的“2006~2007 土木工程学科发展综合报告”，第二至六部分是我1998年以来发表的一些重要报告和文章，它们基本上是按建筑结构的安全水平与耐久性、结构倒塌与结构鲁棒性、土木工程知识系统与信息、土木工程教育、钢筋混凝土结构理论与其他分类排列的。希望读者能够从第二至六部分诸多方面论述来体会第一部分中的内容，起到“画龙点睛”的效果。

十年来，中国继续着她那种翻天覆地的变化，城镇化的步伐在继续加快。尽管我们有理由为我们正在从事着世界上最大规模的工程建设而自豪，但是已经不能不清醒地看到：我国能源短缺，环境资源的压力不断加大；我国的能源消耗已成为世界第二，环境污染的现状还没有得到根本的改善。2003年，中央提出了“科学发展观”的战略思想，这是十分必要和及时的。“科学发展观”必然也是我国土木工程发展的指导思想，其中所指出的“可持续的发展道路”、“人和自然和谐发展”实际上已经

被世界大多数国家作为国家宏观经济发展战略的一种重要举措。我们在结构工程学科方面所作的各种努力，无论是规划设计还是施工管理，无论部门管理还是学校教育，无论是涉及工程的安全质量还是研究结构耐久性和鲁棒性，都必须紧紧围绕“科学发展观”这个中心。能认识到“科学发展观”、“走可持续发展道路”、“人和自然和谐发展”是我国工程建设领域发展的战略重点就是了不起的成就，就是我们十年来最大的进步。我们需要坚决行动，从目前情况看还有大量的工作要做。

十年来，我国工程结构方面出现了大量的成果，也不断地涌现出大量的人才，这十分令人可喜。但是，我们也必须看到，在学术界的浮躁气氛和急功近利的心态，一些不良习气的滋长正严重扰乱着我们的科学研究；我们也必须看到，高等教育严重的行政化还在加剧，传统的专业面狭窄、重知识轻能力的问题至今没有认真解决，这些都会严重影响我们高质量的人才培养。

因为个人的接触面和知识面有限，只能借这本书在有限的论题上谈一些自己的看法，做到直言不讳、抛砖引玉。个人的看法难免不当，希望读者指正。由于本书第二部分是一些报告和文章的选编，有些观点在不同的篇幅里难免重复，也望读者原谅。

特别感谢我过去的学生方东平教授、宋晓冰副教授、张雷明副教授和蒲德群、王晓亮博士，感谢我现在的研究生徐俊祥、程书剑、左清林和我的助手赵小宁老师对本书的贡献。

刘西拉

2007年7月

于上海交通大学工程馆242房间

目 录

第一部分 学科发展综述	1
1 土木工程学科发展综合报告	2
第二部分 建筑结构的安全水平与耐久性	25
2 必须提高我国结构的安全设置水平	26
3 建筑结构安全水平的合理设置	33
4 沿着结构“生命周期”的探索	51
5 结构工程耐久性的基础研究	67
6 重大土木与水利工程安全性及耐久性的基础研究	79
7 我国工程结构耐久性问题面临的处境和难点	97
第三部分 结构倒塌与结构鲁棒性	111
8 纽约世贸中心大楼倒塌后的反思	112
9 钢筋混凝土框架结构倒塌分析的最新进展	126
10 突发事件中结构易损性的研究现状与展望	138
第四部分 土木工程知识系统与信息	151
11 对土木工程中发展知识系统的反思	152
12 土木工程中的信息可靠性	162
13 结合我国设计实践提高 CAD 信息利用和集成技术	174
第五部分 土木工程教育	185

14	工程教育：开放、机动的定位视点	186
15	从土木工程领域看 21 世纪的工程教育	193
16	关于混凝土结构课教学的几点思考	209
 第六部分 钢筋混凝土结构理论与其他		215
17	钢筋混凝土结构理论逐渐走向成熟	216
18	对工程加固改造行业发展的建议	227
 作者简介.....		234

第一部分

学科发展综述

且而，東的軍事醫學科學院，同本科學學際然自己顯式
用前非以干來單又 東的軍事財會并至
，同代軍的對其終登案國醫圖，要論的合其存供的便重要，以
更應研對賊賊好重，因賊的榮譽量已測研量業殺賊土界世伏免因
众口人國非既善應心門非，前而裝研的較大者。展前界世到高
主及以三圖那資木，平木世平界世干研或量前采而那論世人，迄
，研編平木育速受世平國典，融融效育度研未裝融的出惡惡和志
主会并从来個个裝在。司衛重門研研育殊另安的市知入部量大恢
15。變研特運前那的研題，中醫核的研研將登國市向將登改研又
科單驗單从查知又土難回空查，裝融的界發研學醫工木土飾呈世
疑回回查，融研已合發的融不麻融網融融个融以融界發得代研工
“限風命主”全融工融界發其發全定的研研研研研單从查知又土
迄靠州融研研科學一寺靠融融單从查知又土更需查，應研研研研
融工，融融融工木土人等融研个答从朱竟息融快出，又交的研學
工木土，香融發研學是重要需融研从研天。融融前空融融的研研
友，“融融融融融融融融”代融融融融融融融融融融融融融融融
融融界組合研且而，融融融融融融“融融融融融融”案國合研又不
融才而融來融融目，融乃省融本，究融查融長內融融融。融融融
，融融融融融融融融(5)；融融融融融融融融，融融融融融融融融(1)；融
大融(4)；融融融融融融融融，全安量量融融融融(3)；融融融融融融融

I 土木工程学科发展综合报告

一、引言

中国目前正在进行世界上最大规模的工程建设。工程学科的发展与自然科学学科不同,它不仅要受自然规律的约束,而且要受社会规律的约束。工程学科的发展水平,不仅取决于以往的积累,更重要的是看社会的需要。随着国家经济持续快速发展,中国已成为世界上建筑业最活跃与最繁荣的地区,建设规模和速度高居世界前列。在大好的形势面前,我们必须看到我国人口众多、人均能源可采储量远低于世界平均水平、水资源匮乏以及生态环境恶化的趋势未得到有效遏制、我国平均受教育水平偏低、对大量涌入城市的农民教育培训严重滞后。在整个国家从社会主义计划经济向市场经济转轨的过程中,政府的职能亟待转变。21世纪的土木工程学科发展的趋势,在空间域上反映在从单纯单体工程分析发展到对整个系统网络 and 环境的综合与控制,在时间域上反映在从单纯使用阶段的安全设计发展到工程全“生命周期”可靠性管理,在深度上反映在从单纯依靠专一学科深化到依靠多学科交叉,此外信息技术从各个方位渗入土木工程领域,工程材料的发展空前活跃。无论从社会需要还是学科发展看,土木工程学科发展的战略重点应该明确为“走可持续的发展道路”,这不仅符合国家“科学发展观”的战略思想,而且符合世界发展的潮流。通过国内外调查研究,本报告认为,目前应采取如下措施:(1)健全法制系统、规范政府行为;(2)打破部门分割、统筹科学规划;(3)确保质量安全、抓紧教育培训;(4)加大

科技投入、重视成果转化；(5) 抓紧信息化建设、做好基础数据积累。

二、土木工程学科发展的回顾与评价

(一) 良好的发展机遇

工程学科的发展与自然科学学科不同，它不仅要受自然规律的约束，而且要受社会规律的约束。在一个国家中，某一工程学科的发展水平，不仅取决于以往的积累，更重要的是看社会的需要。当今世界，发展问题一直是世界各国普遍关注的问题。任何一个外国人在进入中国以后，首先感受到的第一印象就是全国那种无与伦比的工程建设的气势，在这个世界人口最多的国家里，任何人都会感觉到：无处不在建设。中国目前正在进行世界上最大规模的工程建设。1978 年改革开放以来，中国经济发展取得了很大的成就。从 1978 年到 2005 年，中国国内生产总值从 1473 亿美元增长到 2.2 万多亿美元，年均增长 9.6%；随着国家经济持续快速发展，中国已成为世界上建筑业最活跃与最繁荣的地区，建设规模和速度高居世界前列，有着相当规模的高坝水库、大型港口、高速公路、大跨度的桥梁和高层大跨建筑都陆续在中国出现（图 1-1，图 1-2，图 1-3，图 1-4，图 1-5）。以我国的公路建设为例，截止到 2005 年底，我国公路总里程达到 193.05 万公里；仅在过去的 15 年中我们就建设了 80 万公里的公路，足足可以绕地球 19 圈。目前，等级公路里程达到 159.18 万公里，占公路总里程的 82.5%；全国公路密度为 20.1 公里/100 平方公里；全国通公路的乡（镇）占全国乡（镇）总数的 99.81%。拥有城市道路 24.7 万公里，道路面积 39.2 亿平方米，城市人均道路面积 10.93 平方米。公路运输在综合运输中已占主导地位，公路客运量、旅客周转量在综合运输体系中所占比重分别为 91.9% 和 53.2%；公路货运量、货物周转量在综合运输体系中

所占比重分别为 72.3% 和 10.9%。城市道路发展迅速, 各省省会及多数大城市都兴建了快速干道或快速环路, 初步形成了快速路系统。再看我国的住宅建筑, 1978 年以前, 我国全国的住宅建筑面积大约才 5.3 亿平方米, 但是从 2001 到 2005 的“十五”期间, 我们每年都可以完成 5.75 亿平方米的住宅, 每年新建的住宅面积都超过 1978 年以前全国的住宅总面积。



图 1-1 2005 年底完工的上海洋山港将成为全球三大货运港之一

实际上这种形势是与我国城市化的进程密切相关的。众所周知, 一个国家城市化的进程是不可逆的, 一个国家城市化的水平是一个国家的发展水平的重要指标。一般发展中的国家, 在发展的初级阶段, 随着城市化的发展, 国家和人均收入增长是缓慢的; 当城市化达到一定水平后, 国家和人均收入增长就会陡然加快, 而且城市化的进程也随之加速。根据国际上, 特别是亚洲一些国家和地区发展的规律统计, 这个国家的人均收入增长从缓慢到加快的转折点大约在城市化率 (城市人口占总人口的比例) 30% 左右。中国在 1999 年, 城市化率已达 30.9%, 2000 年出现

跳跃, 达 36.22%, 最新的国家统计数字显示, 2005 年中国城市化率已达 42.99%。现在城市化水平仍然以每年约一个百分点的速度在增长, 估计到 2020 年, 这个比率可接近 60%。由于人口向城镇的流动, 大量的居住建筑和公共设施需要建设; 由于城镇的发展, 城镇之间的联结要加强, 大量的空港 (点与点的联系)、铁路 (线与线的联系) 和大小公路网 (面和面的联系) 都要兴建, 从而对能源建设的需求势必加大。由国家统计局历年发布的国民经济与社会发展统计公告可知, 近几年, 国家基本建设投资占国内生产总值 (GDP) 的比例一直稳定在 15% ~ 20% 的范围内。应该充分认识到, 由于中国正处在城市化加速的起点, 国家和人均收入增长加快, 这正是国家建设的大好时期, 这正是土木工程学科发展的最好时机。可以肯定, 在 2006 ~ 2010 年的“十一五”期间, 中国将持续地进行世界上最大规模的工程建设。这种发展背景是西方所不具备的, 从学科发展讲, 我们已具备在土木工程学科赶超西方先进国家的客观条件。

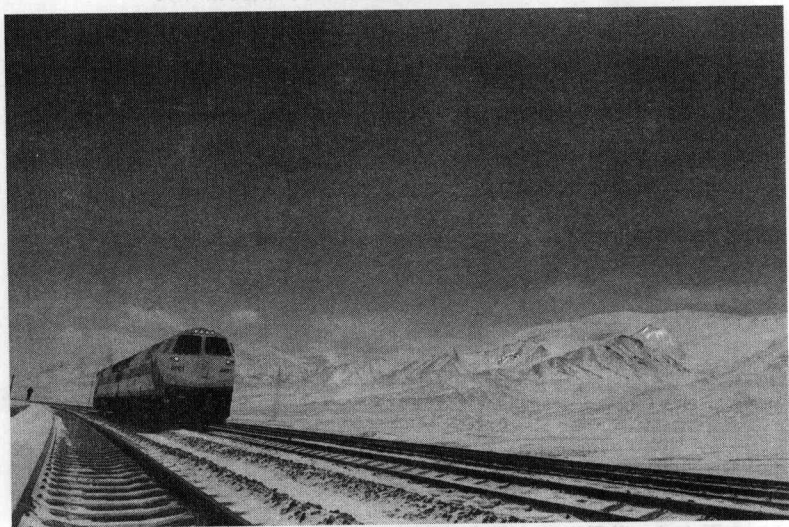


图 1-2 五年即告完工的世界海拔最高的青藏铁路 (全长 1118km)

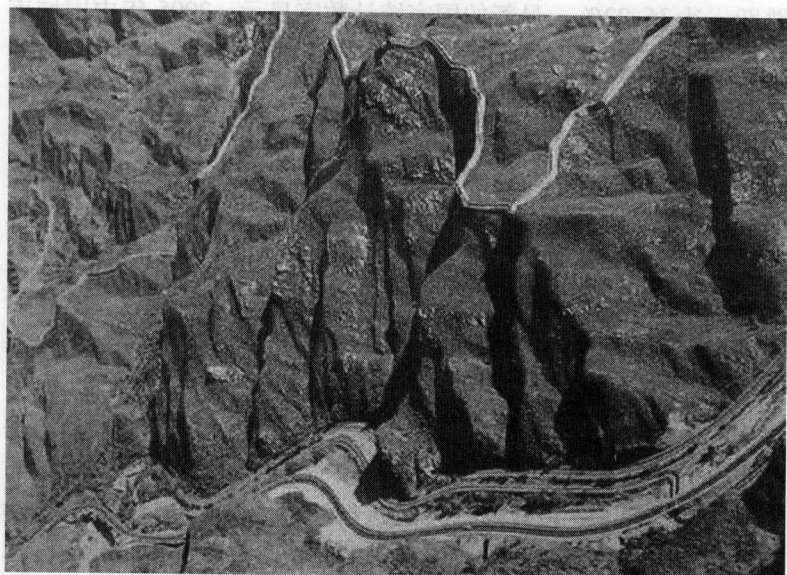


图 1-3 北京八达岭高速公路与长城交相辉映

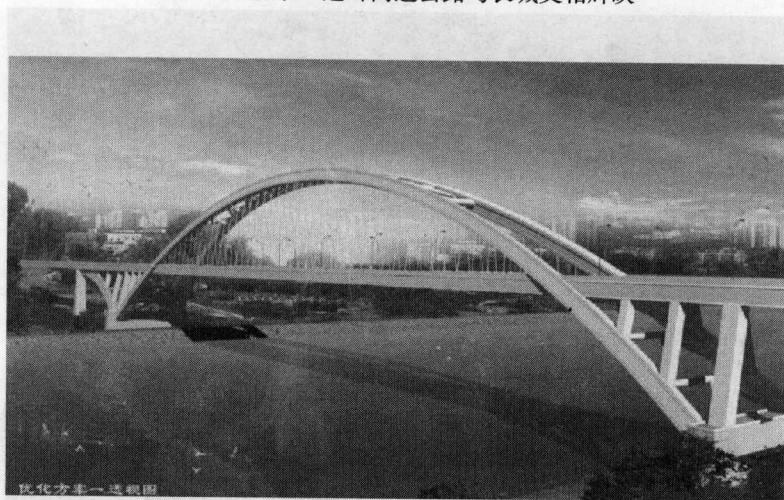


图 1-4 世界上跨度最大的拱桥：上海卢浦大桥（主跨 550m）