



武汉大学
百年名典

结构力学

■ ■ ■ ■
史述昭
常连芳
孙保立
彭立生
等编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



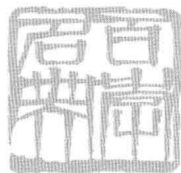
武汉大学
百年名典

结构力学

■ ■ ■ ■
史述昭
常连芳
孙保立
彭立生
等编



武汉大学出版社
WUHAN UNIVERSITY PRESS



图书在版编目(CIP)数据

结构力学/史述昭,常连芳,孙保立,彭立生等编. —武汉:武汉大学出版社,2013. 11

武汉大学百年名典

ISBN 978-7-307-11545-3

I. 结… II. ①史… ②常… ③孙… ④彭…[等] III. 结构力学 IV. O342

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 210339 号

责任编辑:李汉保

责任校对:鄢春梅

版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷:湖北恒泰印务有限公司

开本:720×1000 1/16 印张:49.75 字数:713千字 插页:4

版次:2013年11月第1版 2013年11月第1次印刷

ISBN 978-7-307-11545-3 定价:98.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。



武 汉 大 学 百 年 名 典

自然科学类编审委员会

主任委员 李晓红

副主任委员 卓仁禧 周创兵 蒋昌忠

委员 (以姓氏笔画为序)

文习山	宁津生	石 兢	刘经南
何克清	吴庆鸣	李文鑫	李平湘
李晓红	李德仁	陈 化	陈庆辉
卓仁禧	周云峰	周创兵	庞代文
易 帆	谈广鸣	舒红兵	蒋昌忠
樊明文			

秘书长 李平湘

社会科学类编审委员会

主任委员 韩 进

副主任委员 冯天瑜 骆郁廷 谢红星

委员 (以姓氏笔画为序)

马费成	方 卿	邓大松	冯天瑜
石义彬	余双好	汪信砚	沈壮海
肖永平	陈 伟	陈庆辉	周茂荣
於可训	罗国祥	胡德坤	骆郁廷
涂显峰	郭齐勇	黄 进	谢红星
韩 进	谭力文		

秘书长 沈壮海

史述昭

男，（1922—2002年），出生于江西丰城，是我国著名的工程力学专家之一，也是一名优秀的教育工作者。史述昭先生1949年毕业于南昌大学土木工程系。毕业后参加八一革命大学学习，随后在江西省水利局、南昌大学水利系工作。1952年10月全国院系调整从南昌大学调入武汉大学水利学院（原武汉水利电力大学前身）。史述昭先生先后任讲师、副教授、教授，文革后他是首批硕士研究生导师，培养了十余名研究生。史述昭先生又是1992年首批享受国务院政府特殊津贴者，1989年光荣离休（享受厅局级待遇）。史述昭先生在教育战线辛勤耕耘四十多年，为我国高等教育事业献出了毕生的精力，作出了较大的贡献。

史述昭教授一生倾注于教材建设，并作出了突出成绩。由他主持合编的《结构力学》（一、二版）教材，1992年获国家能源部优秀教材一等奖。他还主编了《弹性力学与有限元》、参编了《工程力学与工程结构》等多部教材，其中参编的《建筑力学》一书1988年获国家教委高等学校优秀教材二等奖，这些教材在国内教育界享有较高的声誉和影响。

史述昭教授一直从事大型水电工程人字闸门的科研工作，从1972年至1982年负责主持“葛洲坝二、三江船闸人字闸门”的科研项目，1989年至1992年负责主持三峡工程“七·五”攻关科研项目“大型人字闸门静、动力电算程序研制及原型观测”，在这些科研项目中取得了令人瞩目的成果。在国内史述昭教授首次提出将门体结构采用板架与背拉杆预应力的有限计算模型（后发展为壳体空间杆系及背拉杆的有限元计算模型），成功地解决了大型人字闸门的结构分析计算，史述昭教授是人字闸门理论计算方法的奠基人之一。史述昭教授作为主要参加者参加的“葛洲坝二、三江工程及其水电机组”大型科研项目，1985年荣获国家科学技术进步特等奖（证书号85G-T-006-37）；1993年“船闸人字闸门斜杆预应力优化方案”科研项目获国家电力工业部科学技术进步三等奖；1996年“大型人字闸门静、动力电算程序研制及原型观测”科研项目获国家水利部科学技术进步三等奖；另发表论文十余篇。史述昭教授的一生为我国的水利电力建设事业作出了很大贡献。

《武汉大学百年名典》出版前言

百年武汉大学，走过的是学术传承、学术发展和学术创新的辉煌路程；世纪珞珈山水，承沐的是学者大师们学术风范、学术精神和学术风格的润泽。在武汉大学发展的不同年代，一批批著名学者和学术大师在这里辛勤耕耘，教书育人，著书立说。他们在学术上精品、上品纷呈，有的在继承传统中开创新论，有的集众家之说而独成一派，也有的学贯中西而独领风骚，还有的因顺应时代发展潮流而开学术学科先河。所有这些，构成了武汉大学百年学府最深厚、最深刻的学术底蕴。

武汉大学历年累积的学术精品、上品，不仅凸现了武汉大学“自强、弘毅、求是、拓新”的学术风格和学术风范，而且也丰富了武汉大学“自强、弘毅、求是、拓新”的学术气派和学术精神；不仅深刻反映了武汉大学有过的人文社会科学和自然科学的辉煌的学术成就，而且也从多方面映现了 20 世纪中国人文社会科学和自然科学发展的最具代表性的学术成就。高等学府，自当以学者为敬，以学术为尊，以学风为重；自当在尊重不同学术成就中增进学术繁荣，在包容不同学术观点中提升学术品质。为此，我们纵览武汉大学百年学术源流，取其上品，掬其精华，结集出版，是为《武汉大学百年名典》。

“根深叶茂，实大声洪。山高水长，流风甚美。”这是董必武同志 1963 年 11 月为武汉大学校庆题写的诗句，长期以来为武汉大学师生传颂。我们以此诗句为《武汉大学百年名典》的封面题词，实是希望武汉大学留存的那些泽被当时、惠及后人的学术精品、上品，能在现时代得到更为广泛的发扬和传承；实是希望《武汉大学百年名典》这一恢宏的出版工程，能为中华优秀传统文化的积累和当代中国学术的繁荣有所建树。

《武汉大学百年名典》编审委员会

再版前言

结构力学是工程科学领域内的重要专业基础课，尤其是土木工程、水电工程、交通工程、机械工程、海洋工程、航天航空工程、军事工程等领域本科生的必修课。随着工业建设的发展需求，结构力学学科本身也在不断地发展，尤其是近年来计算机技术的进步，结构力学的计算分析已经纳入有限元数值分析的范畴，事实上，有限元分析的概念就产生于航空工业的结构分析之中。所以，数十年来，有关结构力学和结构分析的学术论文与专著不断涌现，其中，结构力学的教材在国内已经出版过上百种之多。

武汉大学历来是结构力学学科研究的重镇，我国第一代结构力学领域内的巨匠俞忽先生就长期在武汉大学任教。在俞忽教授的带领下，一批青年教师迅速成长，在俞忽先生于 20 世纪 50 年代末谢世后，武汉大学建筑力学教研室的其他诸位教师并未停下脚步，他们继承俞忽先生的学术精神，继续研究和推进结构力学学科。武汉大学史述昭先生主持合编的《结构力学》就是这样一本集学术专著与教材为一体的书籍，该书由中国水利电力出版社于 1960 年 2 月出版，该书一经出版，就受到工程界与学术界和高等院校师生的高度评价。我于 20 世纪 60 年代就读于清华大学时以及毕业后在国家水利电力部贵阳勘察设计院工作期间就感受到对这本书的高度评价。在工程界和高等院校中有三本结构力学的书给人以深刻印象，一本是清华大学龙驭球先生主编的《结构力学》，第二本是湖南大学李廉锟先生主编的《结构力学原理》，再就是史述昭先生主持合编的《结构力学》。这三本书各有千秋，都是结构力学领域内顶尖水平的作品。

我认为，史述昭先生主持合编的《结构力学》一书有三大特色：

其一，反映了当时结构力学前沿研究成果，比如力矩分配法中的集体分配法、无剪力分配法、结构动力分析中的若干新算法等。即便在有限元分析技术的发展和成熟的今天，这些研究成果仍然是工程技术人员经常运用的主要方法。

其二，理论联系实际，用相当多的篇幅论述了在工程设计中如何运用结构力学的方法解决疑难问题的实例，这一特点受到工程设计人员的欢迎。

其三，行文简明扼要，方程的推演逻辑清晰，理论阐述严谨。

以上特色使得该书好评如潮，成为许多高等院校的首选教材和工程技术人员的重要参考书，从而由水利电力出版社于1987年再版。史述昭先生一生从事力学及其应用的研究和教学，著述颇丰，除了上述《结构力学》以外，还主编或参编了《建筑力学》（上、中、下三册，人民教育出版社），《工程力学与工程结构》（人民教育出版社），《弹性力学与有限元》（水利电力出版社），还发表了“用力矩分配法及力矩扩大集体分配法计算矩形外形空间钢架的强迫振动”、“两对边间支加肋板自由振动的变分解法”、“增量理论弹塑性问题的摄动有限元法”等一批有重大影响的论文，并且应用于大型工程的设计计算之中，如三峡大坝大型人字闸门等项目，为国家的重大建设项目做出了贡献。

史述昭先生还是“文革”之后第一批研究生的导师，多年来所培养的学生已成为各科研院所和设计院的学术骨干力量。我有幸成为他1978级研究生之一，他还为研究生开设了弹性理论等课程，其深入浅出的教学方法和严谨的学风使我们受益匪浅。

除史述昭先生外，参加《结构力学》一书编写的还有武汉大学常连芳教授、孙保立教授和彭立生教授，在此对他们表示敬意！

今年恰逢武汉大学迎来建校120周年庆典，武汉大学出版社将史述昭等先生主编的《结构力学》一书收录入《武汉大学百年名典》，重新出版，是对史述昭先生毕生奉献给中国的工程力学学科和教育事

业的缅怀和颂扬。再版此书将有助于后人更好地了解面向国家重大建设项目的力学计算原理和方法手段的应用，为工程力学的学科建设再做贡献。

朱以文

2013 年 7 月 25 日于武汉大学

第二版序言

本书第一版作为高等工科院校水利工程各专业教材，于1959年由水利电力出版社出版。在这次修订中，我们除注意保留原书的特点外，并在章、节、内容上作了一定的增删，以作为一本教学、工程科技人员的参考书。原书的机动分析一章作了较大的精简，只保留了一部分合并绪论一章中；静定梁及梁型刚架、静定平面桁架、三铰拱及三铰刚架等三章进行精简合并为两章，即静定结构的内力计算、静定结构影响线；弹性地基上结构的计算一章，考虑到现在已有不少专著，受篇幅限制，在这次修订中已全部删去。新增加了两章，即矩阵位移法、空间刚架及对钢筋混凝土蜗壳的计算；另外还增加了一个附录，即微型计算机计算连续梁及平面刚架程序。

参加本书第一版编写工作的有：史述昭（第1章绪论、第2章系统的机动分析、第13章弹性地基上结构的计算）、常连芳（第7章超静定结构的一般概念、第11章变位法、第12章力矩分配法、第15章结构的动力计算）、孙保立（第6章结构的变位，第9章连续梁、第16章超静定刚架的影响线、全书的习题）、彭立生（第10章无铰拱的计算、第14章弹性结构的稳定计算、第16章连拱框架的计算）、姜国珍（第5章三铰拱及三铰刚架、第8章力法计算超静定结构）、金雅鹤（第3章静定梁及梁型刚架）、王磊（第4章静定平面桁架、第16章连拱坝在横向地震作用下的近似计算）、王坚白（第16章弹性基础圆拱及弹性介质中水工结构的计算、空腹刚架）。金雅鹤、李万聪参加了全书的绘图工作。

参加本次修订工作的有：史述昭（第1章绪论、第15章空间刚架及对钢筋混凝土蜗壳的计算）、常连芳（第5章超静定结构的一般

概念、第9章位移法、第10章力矩分配法、第12章结构的动力计算)、孙保立(第4章结构位移、第7章连续梁)、彭立生(第8章无铰拱、第11章结构的稳定计算)、张立中、金雅鹤(第2章静定结构的内力计算)、金雅鹤(第3章静定结构影响线)、段克让(第13章矩阵位移法)、章监才(第6章力法)、何文娟(第14章弹性基础圆拱及对岔管的计算),孟吉复(附录微型计算机计算连续梁及平面刚架程序)。第二版书稿由粟一凡教授进行了总审阅。

在本书的修改过程中,很多读者提出了许多宝贵的意见和建议,特此致谢。

编 者

1985年1月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 结构力学的研究对象及任务	1
1.2 作用于结构的荷载及其分类	2
1.3 平面结构的支座	3
1.4 结构的计算简图及其分类	5
1.5 平面体系的几何组成分析.....	10
第 2 章 静定结构的内力计算	19
2.1 一般介绍.....	19
2.2 多跨静定梁.....	20
2.3 静定梁型刚架.....	27
2.4 静定平面桁架.....	39
2.5 三铰拱及三铰刚架.....	58
2.6 静定结构的特性.....	83
第 3 章 静定结构影响线	95
3.1 影响线的概念.....	95
3.2 静力法作静定梁的影响线.....	98
3.3 用机动法作影响线	110
3.4 桁架影响线	114
3.5 影响线的应用	124
3.6 简支梁的绝对最大剪力及绝对最大弯矩	136

第 4 章 结构的位移	145
4.1 一般介绍	145
4.2 实功与位能	146
4.3 虚功	154
4.4 功的互等定理及位移的一般公式	158
4.5 荷载作用产生的位移	161
4.6 温度变化产生的位移	177
4.7 支座位移产生的位移	182
4.8 线性变形体系的其他互等定理	184
第 5 章 超静定结构的一般概念	196
5.1 一般介绍	196
5.2 超静定结构的基本特征与超静定次数的确定	197
5.3 超静定结构的性质	203
5.4 超静定结构计算方法的分类	205
第 6 章 力 法	207
6.1 力法原理、基本结构及法方程式	207
6.2 超静定结构在荷载作用下的算例	211
6.3 超静定结构在温度变化和支座位移作用下的计算	218
6.4 力法计算的简化	222
6.5 超静定桁架和超静定组合结构	236
6.6 考虑剪切变形和结点刚性域影响时杆的形载常数	239
6.7 超静定结构位移的计算	244
6.8 内力图的校核	246
第 7 章 连续梁	254
7.1 一般介绍	254
7.2 三弯矩方程计算连续梁	255
7.3 弹性支座上的连续梁	269

7.4	弯矩定点法计算连续梁	273
7.5	用静力法作影响线	283
7.6	用机动法作影响线	299
7.7	在均布活荷载作用下的计算	302
7.8	包络图	304
第8章	无铰拱	310
8.1	一般介绍	310
8.2	用弹性中心法计算无铰拱	313
8.3	抛物线无铰拱的计算	321
8.4	用总和法计算无铰拱	323
8.5	拱的内力与压力线	331
8.6	温度变化及混凝土收缩的影响	332
8.7	拱坝的计算方法	335
8.8	纯拱法计算拱坝	336
8.9	试载法计算拱坝简介	340
第9章	位移法	358
9.1	一般介绍	358
9.2	结点角位移、结点线位移及 β 方程式	360
9.3	基本杆件的形常数及载常数	365
9.4	位移法的基本原理、基本结构、未知数及法方程	373
9.5	计算例题	377
9.6	位移法计算温度变化或支座位移产生的内力	386
9.7	转角位移方程	391
9.8	对称性的应用	393
9.9	倍数原理及其应用	397
9.10	组合法与混合法	398
第10章	力矩分配法	406
10.1	一般介绍	406

10.2	术语解释·····	406
10.3	力矩分配法原理及例题·····	410
10.4	无剪力分配法·····	424
10.5	力矩一次分配法·····	428
10.6	集体分配法·····	437
10.7	有结点线位移的刚架计算 附加链杆法·····	449
第 11 章	结构的稳定计算 ·····	455
11.1	一般介绍·····	455
11.2	稳定计算的一般方法·····	457
11.3	直杆的稳定计算·····	462
11.4	组合杆件的稳定计算·····	469
11.5	空腹支墩的稳定计算·····	474
11.6	刚架的稳定计算·····	477
11.7	刚架稳定计算的近似法·····	489
11.8	拱及圆环的稳定计算·····	500
11.9	附录 $\xi_1(u)$ 、 $\xi_2(u)$ 、 $\xi_3(u)$ 、 $\eta_1(u)$ 、 $\eta_2(u)$ 、 $\eta_3(u)$ 等函数表 ·····	515
第 12 章	结构的动力计算 ·····	527
12.1	一般介绍·····	527
12.2	单自由度体系的无阻尼自由振动·····	530
12.3	单自由度体系的有阻尼自由振动·····	535
12.4	简谐外力作用下单自由度体系的无阻尼强迫振动·····	537
12.5	简谐外力作用下单自由度体系的有阻尼强迫振动·····	543
12.6	周期性荷载引起的振动·····	545
12.7	一般荷载引起的振动·····	547
12.8	有限多自由度体系的自由振动·····	549
12.9	有限多自由度体系的强迫振动·····	557
12.10	无限多自由度梁的振动 ·····	566

12.11 频率的近似计算	576
12.12 附录 A_{kx} 、 B_{kx} 、 C_{kx} 、 D_{kx} 等函数数值表	586
第 13 章 矩阵位移法	593
13.1 矩阵位移法的基本概念	593
13.2 单元分析 局部坐标系中的单元劲度矩阵	598
13.3 单元分析 整体坐标系中的单元劲度矩阵	603
13.4 结构分析 结构劲度矩阵	609
13.5 杆端内力的计算 杆端内力矩阵	637
13.6 杆中荷载向结点移置 等效结点荷载	646
13.7 考虑剪力对变形影响时的计算	662
13.8 考虑刚性段影响时的计算	666
第 14 章 弹性基础圆拱及对岔管的计算	679
14.1 一般介绍	679
14.2 弹性基础圆拱基本微分方程的推导	680
14.3 弹性基础圆拱的解答	686
14.4 弹性基础圆拱的初参数解答	694
14.5 在弹性介质中杆系结构的计算原理	699
第 15 章 空间刚架及对钢筋混凝土蜗壳的计算	708
15.1 概述	708
15.2 空间杆件单元的杆端位移与杆端力	710
15.3 局部坐标单元劲度矩阵	718
15.4 整体坐标单元劲度矩阵及结构劲度方程	728
15.5 荷载的处理	735
15.6 杆端内力	741
15.7 钢筋混凝土蜗壳的计算	743
附 录	754