

桃李集

项海帆院士
80寿辰
纪念论文集

《纪念论文集》编辑委员会 编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

桃李集

项海帆院士80寿辰 纪念论文集

《纪念论文集》编辑委员会 编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

桃李集:项海帆院士 80 寿辰纪念论文集/《纪念论文集》编辑委员会编. —上海:同济大学出版社, 2014. 12
ISBN 978-7-5608-5713-8

I. ①桃… II. ①纪… III. ①桥梁工程—文集 IV. ①U44-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 288753 号

桃李集——项海帆院士 80 寿辰纪念论文集

《纪念论文集》编辑委员会 编

出品人 支文军 责任编辑 胡毅(huyi@china.com)

装帧设计 房惠平 责任校对 徐春莲

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店、建筑书店、网络书店

排版制作 南京前锦排版服务有限公司

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 889mm×1194mm 1/16

印 张 25.25

字 数 808000

版 次 2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-5713-8

定 价 129.00 元

版权所有 侵权必究 印装问题 负责调换

内容提要

本书是为纪念项海帆院士 80 寿辰而征集编辑的论文集,由项老师曾经指导过的 48 名博士研究生、硕士研究生和博士后提交的 50 篇论文组成。这些论文分布在五个领域,包括桥梁及结构抗风领域 21 篇论文、桥梁结构设计理论领域 11 篇论文、桥梁振动与抗震领域 8 篇论文、钢与组合结构桥梁领域 6 篇论文和大跨度桥梁施工控制领域 4 篇论文。

本书可供桥梁科研、设计及施工人员使用,也可供高等院校高年级本科生及研究生学习参考。

主要内容



项海帆

项海帆院士简介

项海帆(1935—),祖籍浙江杭州,出生于上海。工程科学家,中国杰出的桥梁工程和风工程专家,1995年当选为中国工程院院士。1955年毕业于同济大学桥隧专业本科,成为李国豪教授第一位研究生,1958年研究生毕业留校任教。曾任同济大学土木工程学院首任院长、土木工程防灾国家重点实验室主任、中国土木工程学会副理事长和桥梁与结构工程分会理事长、国际桥梁与结构工程协会(IABSE)副主席。他从20世纪70年代后期率先在我国开展桥梁抗风理论与实践的研究,通过80年代的学习与追赶,为1991年建成的我国第一座跨度超过400 m的大桥——上海南浦大桥的抗风作出了重大贡献;经过90年代的提高和跟踪,有力支撑了以我国第一座超千米的特大桥——江阴长江大桥为代表的一批大桥的建设;进入新世纪后,以创新和超越为目标的研究成果,满足了特大跨度桥梁建设的国家需求。

项海帆院士在繁忙的教学和科研工作之余,勤于笔耕,著述颇丰,他主编的《现代桥梁抗风理论与实践》,汇集了国家自然科学基金“九五”重大项目等主要成果,内容涵盖了风洞试验、理论分析、数值计算和现场实测等各个方面,被誉为“我国现代桥梁抗风理论与实践的一个里程碑式的著作”,获得了首届“中华优秀出版物(图书)奖”,并入选首届“三个一百”原创图书出版工程。他还在桥梁抗震理论及应用、桥梁结构关键设计理论、大跨度桥梁施工控制方法等方面取得了重要的研究成果。曾获得国家科技进步奖一等奖和二等奖、国家自然科学基金二等奖和四等奖,荣获国际桥梁与结构工程协会“工程及教育奖”(Anton Tedesko Medal)和“功绩奖”(IABSE Merit)、美国土木工程师学会“风工程与空气动力学奖”(ASCE Robert H. Scanlan Medal)和国际风工程协会“终身成就奖”(IAWE Davenport Medal for Senior),这四大国际奖项标志着他为中国的桥梁与结构工程界和风工程界在国际上赢得了一席之地。

前言

2015年12月19日是同济大学土木工程学院首任院长、土木工程防灾国家重点实验室前主任、桥梁工程系首任系主任、我们敬爱的导师项海帆院士80寿辰。为了纪念项老师80岁寿辰,我们发起了向项老师的48名博士研究生、29名硕士研究生和5名博士后征集研究论文的活动,得到了大家的广泛响应,共收到来自48位研究生的50篇论文。

项老师长期从事钢结构桥梁、桥梁抗震、桥梁结构理论、大跨桥梁施工控制和桥梁及结构抗风等方面的教学和科研工作,我们这些毕业后的研究生也主要从事这些领域的教学、科研、设计、管理等工作。本次征集到的研究论文按照项老师所从事的这五个研究领域进行论文集的编辑出版,其中包括:第一部分桥梁及结构抗风领域的21篇论文,第二部分桥梁结构设计理论领域的11篇论文,第三部分桥梁振动与抗震领域的8篇论文,第四部分钢与组合结构桥梁领域的6篇论文,第五部分大跨度桥梁施工控制领域的4篇论文。

论文集所收录的这50篇论文,有些是已经在国内外学术期刊上正式刊出或国内外学术会议上正式发表的论文,也有些是未曾公开发表过的研究论文,反映了桥梁工程学科在这五个领域当时的或最新的研究进展。为了保证论文的水平和质量,我们专门成立了《纪念论文集》编辑委员会,将全部50篇论文分成五个领域进行了评审,其中,桥梁及结构抗风领域21篇论文由谢霁明、葛耀君和朱乐东分工评审,桥梁结构设计理论领域10篇论文由韩振勇、李国平和肖汝诚分工评审,桥梁振动与抗震领域8篇论文由吴定俊和袁万城分工评审,钢与组合结构桥梁领域6篇论文由邵长宇评审,大跨度桥梁施工控制领域4篇论文由石雪飞评审。

在纪念项老师80岁寿辰之际,您的48名学生,谨以精心挑选的50篇论文来表达我们对您最崇高的敬意和最美好的祝福,感谢您对我们的长期教导和辛勤培养,我们衷心祝愿您健康长寿!生活幸福!

《纪念论文集》编辑委员会

谢霁明 葛耀君 朱乐东 韩振勇 李国平
肖汝诚 吴定俊 袁万城 邵长宇 石雪飞

于中国上海

2014年10月

目 录

前言

1	项海帆院士传记
17	桥梁及结构抗风

18	桥梁抗风理论研究与工程实践——若干桥梁项目的回顾与思考/谢霁明
24	大跨度桥梁抗风的技术挑战与精细化研究/葛耀君 项海帆
39	扁平钢箱梁涡激振动及气动控制措施研究/曹丰产 葛耀君
45	厦漳大桥钢箱梁表面风压实测研究/陈 斌 马帅飞 郭 龙
51	Fatigue Life Estimation of Steel Girder of Yangpu Cable-stayed Bridge due to Buffeting/M. Gu Y. L. Xu L. Z. Chen H. F. Xiang
63	汕头跳水游泳馆屋面风载分布的风洞试验研究/陈 伟 张 锋 施宗城 林志兴 顾 明
68	桥梁断面颤振导数识别的耦合自由振动方法/丁泉顺 王 景 朱乐东
74	均匀风场中单体高层建筑的阻塞效应试验研究/顾 明 黄 剑 全 涌
83	桥梁断面气动导数识别的三自由度耦合状态强迫振动时域法/郭震山 朱乐东 项海帆
91	Identification of 18 Flutter Derivatives of Bridge Decks/Airong Chen Xianfei He Haifan Xiang
103	考虑周边环境影响的闵浦大桥桥塔气弹模型试验研究/胡晓红 马如进
109	拉索覆冰的静气动力及驰振特性研究/李加武 王 新 张 悦 方 成 屈东洋
116	等长双悬臂梁等效风荷载实用计算方法/刘志刚 陈艾荣 项海帆
121	基于数字摄影测量的斜拉桥气弹模型拉索振动响应测量技术研究/马如进 陈艾荣

127	分离双箱梁门式起重机风力系数 CFD 分析与风洞试验研究/庞加斌
131	青草背长江大桥风场实测与风致车桥振动分析/王小松
138	不同风嘴形式的大跨度分体箱梁悬索桥颤振性能/杨詠昕 周 锐 李 渊 葛耀君
145	超大跨度斜拉桥抗风稳定性三维非线性分析/张新军
151	桥梁断面气动导纳函数全分量识别算法与应用/赵 林 葛耀君
161	大悬臂箱梁涡激共振抑振措施及机理研究/周志勇 葛耀君
169	分离双幅箱梁桥随机抖振响应频域分析方法/朱乐东 周 奇 任鹏杰 郭震山 丁泉顺

179 桥梁结构设计理论

180	跨海工程中桥梁与隧道的优缺点分析/肖汝诚 项海帆
186	混凝土桥梁基于性能设计的思考/李国平
190	预应力混凝土桥梁设计的新进展及新挑战/徐 栋
199	细观层面的混凝土碳化过程数值模拟/陈艾荣 潘子超
206	The Art of Design of Xinjiang Cable-stayed Bridge/Dewei Chen Xinran Li Zhizhou Bai
213	基于全寿命设计理论的斜拉桥拉索体系选择研究/陈 伟
218	Behavior of FRP Sandwich Panels under Synergistic Effects of Low Temperature and Cyclic Loading/Baisong Du
229	天津海河吉兆桥设计构思/韩振勇
235	拱梁组合体系桥梁的拱梁相对刚度研究和设计实践/李 映
241	用于悬索桥非线性分析的鞍座-索单元/罗喜恒 肖汝诚 项海帆
249	移动荷载过桥的精细计算/余 华 吴定俊 项海帆

255 桥梁振动与抗震

256	高速行驶时多塔斜拉桥动力性能研究/吴定俊
261	高速铁路简支梁共振冲击系数研究/曹映泓 何一东
267	Vehicle-Induced Vibration of Hillsborough River Bascule Bridge/Dongzhou Huang

- 277 大跨度混合梁斜拉桥抗震分析/李卫民 韩金豹 梁立农 王 雷
- 283 悬索桥施工猫道的动力特性分析/毛鸿银 项海帆
- 287 索的局部振动对缆索承重桥梁固有模态的影响/杨德灿 葛耀君 项海帆
- 293 桥梁拉索减震体系发展与应用/袁万城 高 康
- 301 考虑约束扭转刚度影响的斜拉桥动力分析模型/项海帆 朱乐东

307 钢与组合结构桥梁

- 308 组合结构桥梁——国际发展与国内展望/邵长宇
- 318 港珠澳大桥非通航孔桥钢箱梁设计与施工关键技术/方明山
- 327 Composite Concrete Pier Caps for Approaches of the New NY(Tappan Zee) Bridge/
Jimin Huang
- 336 T型结合梁斜拉桥剪滞效应分析/李国平 项海帆
- 342 港珠澳大桥钢箱梁制造自动化技术/刘吉柱
- 347 大跨度分体钢箱斜拉桥结构性能分析/张元凯

353 大跨度桥梁施工控制

- 354 大跨度桥梁施工控制技术现状分析——合理化开展桥梁施工控制的建议/石雪飞
- 361 大跨度桥梁工程控制的发展与展望/葛耀君 项海帆
- 371 斜拉桥施工阶段索力的概率性确定/程 进
- 381 同向回转拉索基准圆筒定位法/胡 可

- 388 附录:项海帆院士研究生名录

项海帆院士传记

葛耀君*

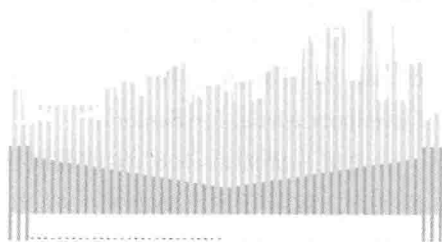
1 成长历程

项海帆 1935 年 12 月 19 日出生于上海一个民族资本家家庭。早年就读于上海英租界工部局小学,10 岁那年考入上海著名的晋元中学。1947 年清明节,他第一次回故乡杭州扫墓,父亲带他去参观钱塘江大桥,并告诉他,这是中国桥梁专家茅以升先生主持监造的大桥,正是这次平常的参观拨动了他的心弦,为国造桥的梦想从此在他的心中扎下了根。1951 年 9 月,未满 16 周岁的他,高中未毕业提前考入同济大学土木工程系,并在院系调整后,选择了“桥梁与隧道”专业,桥梁科研成为他毕生奋斗的事业。4 年后以优异成绩本科毕业,他成为李国豪教授的第一位副博士研究生,从事桥梁结构稳定与振动问题研究,李老师严谨求实的学风和强调自学的方式使他终生受益,特别是老一辈科学家强烈的爱国主义精神和民族自尊心深深地感染了他。

1957 年,入党仅一年的项海帆遭到不公正的对待,被错划为“右派”,从此蒙难达 20 年之久,但是他从没放弃自己热爱的专业,仍坚持业务学习,关注着国内外桥梁科技的最新成果和发展动态。1959 年第一批摘帽,1963 年定职为桥梁教研室助教,直到“文革”后的 1978 年 1 月才升任讲师。随后错划的“右派”得到“改正”,并恢复了正常的教学和科研工作。

他在李国豪教授的带领下,在唐山大地震后率先开展了桥梁抗震理论及工程应用的研究,并为中国建造大跨度桥梁开始了桥梁抗风研究准备。1980 年 9 月晋升为副教授,同年年底获得了德国洪堡基金会奖学金,赴波鸿鲁尔大学担任客座教授从事桥梁抗震研究工作一年半。期间,他如饥似渴地吸收了大量国外结构动力分析的最新知识,这为他回国以后承担更为重要的教学和科研工作打下了坚实的基础。

1982 年 5 月,项海帆按期回国,9 月被任命为结构工程系副系主任,分管科研、研究生和外事工作。1984 年 7 月获国务院特批教授和博士生导师,开始招收研究生从事桥梁稳定与振动特别是桥梁抗风的研究工作。1987 年 8 月同济大学决定成立中国高校中第一个桥梁工程系,他担任了首届系主任,并提出了“明确目标、组织起来”的学科建设方针。1990 年 9 月担任土木工程防灾国家重点实验室常务副主任和同济大学结构工程学院副院长,主持建成了大、中、小配套的边界层风洞群,特别是中国第一、世界第二的 TJ-3 边界层风洞。鉴于他在国家重点实验室建设中的杰出贡献,



* 葛耀君,1958 年出生于上海,项海帆教授 1983 级硕士研究生和 1995 级博士研究生;硕士论文题目“斜张桥的工程控制”、博士论文题目“桥梁结构风振可靠性理论及其应用研究”。

获得了国家科委“金牛奖”，并于1997年被任命为土木工程防灾国家重点实验室主任和同济大学土木工程学院第一任院长。此外，他还曾先后担任了同济大学建筑设计研究院桥梁设计分院院长和桥梁工程设计研究所所长等职。2003年起他退居二线，担任土木工程防灾国家重点实验室名誉主任和土木工程学院顾问院长。

1995年，项海帆当选为中国工程院院士。曾任国务院学位委员会第四届学科评议组土木工程学科召集人，教育部、交通部、建设部和铁道部科技委委员，上海市建委科技委副主任，中国土木工程学会副理事长、桥梁及结构工程分会理事长，中国风工程学会首席顾问，上海市振动工程学会副理事长、首席顾问，国际桥梁与结构工程协会(IABSE)副主席等职。

项海帆长期从事桥梁结构理论、桥梁抗震、大跨桥梁工程控制、特别是桥梁与结构抗风等方面的教学和科研工作，先后培养毕业硕士研究生28名，博士研究生49名，博士后研究人员4名。公开发表论文近200篇，编著出版学术著作、译著和指南10多部。主持完成国家自然科学基金重大项目1项、重点项目2项，其他省部级项目和重大工程科研项目50多项。主持解决了上海南浦大桥、杨浦大桥、虎门大桥、江阴长江大桥、卢浦大桥、润扬长江大桥、苏通长江大桥、西堠门大桥等重大桥梁工程抗风等关键科学技术问题，取得了巨大的经济效益和社会效益。数十年来，他荣获国家科技进步奖一等奖1项和二等奖1项，国家自然科学奖二等奖1项和四等奖1项，省部级科技进步奖一等奖9项、二等奖4项、三等奖5项，并获得了国际桥梁与结构工程协会“工程及教育奖”(Anton Tedesko Medal)和“功绩奖”(IABSE Merit)、美国土木工程师学会“风工程与空气动力学奖”(ASCE Robert H. Scanlan Medal)和国际风工程协会“终身成就奖”(IAWE Davenport Medal for Senior)。

尤值一提的是，1987年他向时任上海市市长的江泽民同志致函吁请上海南浦大桥的自主设计，对开辟我国桥梁自主建设的道路和赶超国际先进水平起到了重要的作用。

项海帆不仅具有很高的学术水平，而且在国家重点学科——桥梁与隧道工程学科建设、国家级科研基地——重点实验室建设，以及杰出人才培养——学生和教师培养等方面都做出了巨大的成绩。他作为学科

带头人的同济大学桥梁工程学科被评为上海市重中之重学科和国家重点学科；他担任主任的土木工程防灾国家重点实验室在1997年评估中被评为优秀国家重点实验室；在他培养的80多名研究生中，两名获得了“全国优秀博士学位论文”、一名获得了国家自然科学基金杰出青年基金、一名获得了国家设计大师的称号、一名担任了国际桥梁与结构工程协会的副主席，更多的学生已经在国内外桥梁设计、建设、科研和教学等部门担任主要技术领导职务。因此，他不仅是杰出的工程科学家，也是卓越的工程教育家。

2 主要研究领域和成就

项海帆55年如一日，在同济大学从事土木工程领域中难度很大的桥梁结构稳定与振动的研究与教学，在桥梁抗震设计理论及工程应用、桥梁结构关键技术及设计理论、大跨度桥梁施工控制方法、风特性及高耸结构抗风性能研究、大跨度桥梁风振理论与及控制、重大桥梁工程抗风设计及规范编制等方面均作出了重大贡献。

2.1 桥梁抗震理论及工程应用(1978—1986年)

1976年唐山地震后，开始桥梁抗震研究，主要进行拱桥和斜拉桥的抗震设计理论及工程应用研究。我国公路拱桥数量众多，抗震规范中基于反应谱理论的地震内力响应计算公式使用起来很不方便，设计部门深感困难，他通过对拱桥自振特性和内力影响线的研究，提出了控制截面内力影响系数的概念，建立了一整套拱桥纵向和横向抗震实用计算方法，从而大大简化了拱桥的抗震计算，研究成果纳入我国桥梁抗震设计规范。

在斜拉桥抗震研究中，漂浮体系斜拉桥的纵向振动具有长周期的特征，当时的桥梁抗震设计规范中的设计反应谱来源于建筑结构抗震设计规范，对长周期区段作了简单的外延，因而并不适合于大跨度桥梁结构。采用反应谱方法计算得到的结果和用强震记录进行时程分析的结果就有较大的差别，不能反映出长周期柔性结构的良好隔振性能，因而会误导斜拉桥的抗震设计。他通过反应谱基本理论的研究，提出了对设计谱的长周期区段进行合理修正的方法，取得了良好的效果，为斜拉桥的抗震设计建立了可靠、合理的计算方法，这也成为国际上第一个长周期结构反应谱抗震

计算公式。在此基础上,他又提出了大跨度桥梁考虑相位差的弹塑性地震反应分析和延性抗震设计方法,在多座大桥中得到应用。

上述两项桥梁抗震研究成果具有重大的理论意义和实用价值,为我国桥梁抗震设计理论发展作出了重大贡献。“桥梁抗震理论”项目获得了1986年度国家教委科技进步奖一等奖。

2.2 桥梁结构关键技术及设计理论(1980—1994年)

1982年,刚刚回国的项海帆接到了当时兼任上海市科协主席的李国豪校长交给他的第一项工作,为上海南浦大桥做一个可行性研究。在母亲河黄浦江上建造大桥,是上海人民的百年夙愿。李校长建议采用钢主梁和混凝土桥面板组成的结合梁斜拉桥方案,一方面较混凝土主梁减轻了自重,不仅节省斜拉索和软土地基上桩基础的数量,而且有利于桥面沥青混凝土铺装;另一方面钢主梁节段和预制混凝土桥面板起吊重量小,施工速度快,非常适合于黄浦江繁忙的航道情况。

由于国内缺乏建设大跨度斜拉桥的建设经验,上海南浦大桥曾一度准备交给日本人来设计。时任上海市政协主席的李国豪向上海市市长江泽民同志吁请自主设计和建造南浦大桥,并请江泽民市长到同济大学视察,由项海帆汇报了桥梁研究室所做的黄浦江大桥结合梁斜拉桥的设计、研究及试验工作。知识分子的良好和责任感促使项海帆迎难而上,他经过缜密的思考,连夜致信江市长,力陈中国桥梁界自主设计的条件和决心。他在信中写道:“我国已建成了14座斜拉桥,完全有能力自己设计和建造像黄浦江大桥这样规模和技术难度的大跨度桥梁。如果由外国人在国际桥梁会议的讲台上宣读有关中国大桥的论文将是令人难以想象的……”不久江市长就在信上批示:“我看主意应该定了,就以中国人为主设计,集思广益……”从此揭开了中国自主建设大跨度桥梁的历史性一页。

南浦大桥最终采用了结合梁斜拉桥方案,同济大学成为大桥科研总承包单位,项海帆主持该桥的抗风设计研究。在进行结构动力特性计算时,当时都用鱼骨式的单主梁计算模型来模拟桥面主梁,这对于具有闭口箱梁桥面是非常合适的,但是南浦大桥采用了双工字梁加混凝土板,是一种典型的开口截面。如果仍

然采用普通的单主梁模型,就无法考虑断面约束扭转刚度的重要贡献;如果改用与双工字梁相近的双主梁模型,虽然可以考虑约束扭转刚度的贡献,但却又难以处理整体桥面板侧向刚度的双主梁等效,加上斜拉桥中侧向弯曲和扭转变形的强烈耦合,就会造成扭转振型的失真和扭转频率的误差。针对这一问题,他提出了三主梁计算模型的设想,把侧向刚度集中于中梁,而利用两个边梁来模拟竖弯刚度和约束扭转刚度,这一新的计算模型,虽然在物理形态上不是真实的,但在力学上能充分反映各种必须考虑的刚度,全桥建成后的实测结果验证了这一计算模型的正确性,从此成为开口断面和分离箱梁断面动力特性计算的可靠方法。

1989年,经项海帆和他的学科组优化后的南浦大桥设计方案和抗风研究成果付诸实践,1991年上海南浦大桥建成通车,并于1995年获得了国家科技进步奖一等奖。接着他又主持完成了当时世界最大跨度斜拉桥——上海杨浦大桥的抗风设计研究,获得了上海市科技进步一等奖。同时,主持设计了杭州钱塘江三桥主桥——单索面斜拉桥的工程设计和国内第一条高架道路——上海市内环高架路脊骨梁标段的工程设计研究等,在桥梁结构关键技术及设计理论方面作出了杰出的贡献。

2.3 大跨度桥梁施工控制理论及其工程应用(1984—1998年)

大跨度桥梁分段施工要经历一个结构体系转换过程,分段施工时结构的受力状态不仅取决于分段施工方法,而且与分段施工顺序有关。此外,在施工阶段,结构刚度小、变形大,尽管恒载较小,但仍将产生显著的结构非线性效应,包括材料非线性、几何非线性和时变(混凝土徐变)非线性。再者,分段施工过程中存在着随机误差的影响,这种影响涉及到参数误差、测量误差和操作误差,使得桥梁结构的几何线形和内力状态很难达到期望目标。

早在20世纪80年代初,项海帆受国外按桥梁施工顺序进行结构倒退分析和施工控制采用最小二乘法的启发,提出了计算机和控制论相结合的方法,以施工与分析并重、工程与控制结合、结构与系统比拟探讨合理的分段施工桥梁结构的计算分析与工程控制方法。1984年他率先提出并建立了以理想倒退分析法和实时前进分析为基础的闭环控制方法,应用于浙江宁波甬

江大桥的施工控制中。此后,经不断完善和推广,又先后应用于连续梁和连续刚构、大跨度拱桥、悬索桥等多种桥型中。90年代初,随着我国大跨桥梁分段施工技术水平的不断提高,他又将闭环控制方法进一步拓展到自适应控制,即通过已有施工阶段的计算模型参数识别结果,自动调整成桥状态目标并搜寻最佳控制路径。研究成果大量应用于大跨桥梁施工中,并获得了多项省部级科技进步奖。目前,自适应控制方法已成为大跨桥梁施工控制的主流技术。

2.4 大跨度桥梁风振稳定性理论及其控制原理 (1979—2009年)

项海帆从20世纪70年末带领助手们开始桥梁抗风研究,他所带领的团队是我国最早开展这项研究的团队,30多年来对桥梁风致振动理论特别是桥梁颤振稳定性理论及其控制原理进行了深入、全面、系统的研究工作。

1979年,随着我国斜拉桥建设的兴起,结合上海泖港大桥和黄浦江大桥在国内率先开展大跨度桥梁风致振动新课题研究,内容涉及这一领域中的许多前沿课题,特别是桥梁颤振理论及其气动和机械控制措施。当时传统的二维颤振分析理论是为了解决悬索桥的颤振分析而建立起来的,这种理论需要指定一个弯曲振型和一个扭转振型进行振型耦合颤振分析,这对于悬索桥是比较容易判断的。然而,对于斜拉桥这种新桥型,由于侧弯和扭转变形的强烈耦合,出现了以侧弯为主扭转为辅和以扭转为主以侧弯为辅的新振型,且前者频率较低、后者频率较高,究竟哪一个振型可能与竖弯振型形成耦合颤振是一个极有争议的问题。

80年代初,项海帆认为颤振稳定问题与静力稳定问题一样都是数学上的特征值问题,颤振形态应当通过适当的算法改进,可以实现自动搜寻出参与颤振耦合的振型,而不必人为指定。为此,他指导研究生运用状态空间法率先建立起三维颤振理论,并且通过算例分析发现了高阶振型的参与作用,在国际上首先提出了“多振型耦合颤振”的新概念,得到了国际风工程界权威的认可和高度评价。运用这一概念,还可以在施工阶段通过不对称加劲梁节段拼装,人为地破坏结构的对称性,使更多地高阶振型参与颤振耦合,从而成为提高施工阶段抗风稳定性的一种新手段。新世纪初,他的研究团队又发展了三维桥梁颤振的精确分析方

法——全模态分析方法。此外,他的研究团队还在国际上率先对五大类13种常用典型主梁断面的颤振驱动机理和颤振形态进行了系统研究分析,揭示了气动负阻尼是桥梁颤振唯一驱动机理和多种颤振形态取决于弯曲与扭转自由度参与程度的结论,阐明了两侧风嘴、中央开槽、中央稳定板、两侧裙板和检修轨道移位等颤振控制措施的控制原理,并在多座特大跨度桥梁,例如上海南浦大桥、福州闽江大桥、润杨长江大桥、东海大桥主航道桥和颍珠山桥、舟山西堠门大桥等的实际颤振控制中得到了应用。大跨度桥梁风振理论与控制研究成果先后获得国家自然科学奖二等奖和四等奖各一次。

2.5 桥梁与结构的风荷载理论和抗风设计方法 (1979—2009年)

桥梁结构在抗风设计中一般总是抽象成具有相等横截面的水平线状结构或片条模型,任意截面上的风荷载可以用三种类型的气动参数来表示,即三分力系数、气动导数和气动导纳。早在1980年,项海帆就在国内率先实现了三分力系数和6个气动导数的节段模型风洞试验识别,此后一方面对自由振动测振法进行改进,不断增加试验识别气动导数的数量,并为提高识别精度提出了改进的最小二乘法;另一方面,又先后开发出强迫振动法和表面测压法等气动导数和气动导纳识别新技术,成为国际上少数几个能同时掌握自由振动法、强迫振动法和表面测压法,并能识别全部18个气动导数的风洞试验室。从20世纪90年代开始,项海帆带领他的团队开展了桥梁等效风荷载研究,先后建立了针对小跨度(200 m以下)刚性桥梁的不考虑风振位移的等效静阵风荷载和针对中等跨度(400 m以下)半刚性桥梁的仅考虑小位移强迫振动的等效抖振风荷载。2002年,在上述传统的桥梁等效风荷载原理基础上,结合涡振可能性较大的世界最大跨度拱桥——上海卢浦大桥,他的团队率先提出了针对大跨度(400 m以上)柔性桥梁的基于结构与气流相互作用的等效涡振风荷载,进一步丰富和完善了桥梁等效风荷载理论。上海卢浦大桥抗风研究成果获得了国家科技进步奖二等奖,相关研究成果被我国第一部《公路桥梁抗风设计指南》和《公路桥梁抗风设计规范》所收录。

1988年,项海帆在为南浦大桥进行抖振分析时感到,传统的基于随机振动理论的抖振频域分析方法比

较艰深和繁复,一般的设计单位难以理解和计算。他将抖振计算理论和地震反应谱理论进行比较后发现,虽然风振与地震的激振机理有所不同,但作为一种按振型分解的动力分析方法,二者有许多相似之处,完全有可能建立一种类似地震反应谱的抖振反应谱计算公式,而这正是工程师们比较熟悉的方法。1992年,这种借鉴和移植的方法终于取得了成功,建立了由6个无量纲参数组成的抖振根方差实用计算公式,按照各个振型分别计算抖振响应,再组合起来得到总的响应。与精确的抖振分析结果比较,证明具有良好的精度,这就为抖振的工程计算提供了一种十分快速和简便的方法,而且每个参数的物理意义十分明确,易于工程师们理解和接受,这一方法已纳入我国第一部《公路桥梁抗风设计指南》中,得到了广泛的应用。1997年,项海帆的科研工作开始涉及桥梁风振的可靠性分析,他指导研究生结合桥梁结构形式、抗风设计要求和相关风振形式等的分类,首次提出了缆索承重桥梁风振可靠性评价体系——基于二阶矩可靠度理论的桥梁颤振失稳可靠性评价方法和基于首次超越理论的桥梁抖振失效可靠性评价方法,开拓了桥梁抗风可靠性设计和研究领域。2003年,他和研究生又在国际上首次提出了基于累计涡振时间和首次涡振概率评价的桥梁涡振刚度失效可靠性理论及其计算方法,使大跨度桥梁抗风可靠性设计上上了一个新台阶。

除了桥梁抗风设计理论之外,他的风工程研究范围还涉及了其他工程结构。1985年,他在第一批中美合作课题“上海地区台风特性及其对高耸结构的作用”研究中,主持了上海(青海路)电视塔的风洞试验工作,完成了国内第一个全塔气弹模型风洞试验,获1988年国家教委科技进步一等奖。此后,在1992年主持完成的上海“东方明珠”广播电视塔的抗风研究中,再次采用了全塔气弹模型,并且统一模拟了模型的刚度、外形和质量,获得了很大的成功,不仅为上海广播电视塔提供了设计依据,而且为风荷载规范和高耸结构规范的制定作出了贡献。这两项研究基本奠定了我国高耸结构抗风研究的风洞试验和理论分析基础。

2.6 桥梁工程学科建设和人才培养(2000—2009年)

2000年,同济大学桥梁工程学科被遴选为上海市“重中之重”学科,获得了学科建设的发展机遇,项海帆

受命担任学科建设负责人,领导研究基地、人才队伍和仪器设备的建设工作。2002年,同济大学桥梁工程学科以二级学科第一名的成绩入选国家重点学科,成为中国桥梁工程学科的排头兵。2006年,在国家重点学科评估中,又以第一名的成绩顺利通过评估,并为同济大学土木工程一级学科升格成为国家重点学科奠定了重要基础。

项海帆十分重视人才培养特别是优秀拔尖人才的培育。对于师资队伍建设,他认为关键在于培养教师的学术素养,营造科技创新的环境和氛围。他多次呼吁建立一种能够激励精英教师群体具有“面壁十年,奋力攻关”的勇气和志趣的制度,并于2005年在桥梁工程系倡导和设立了“同济桥梁”特聘教授岗位,以激励年轻教授立志攀登桥梁科技高峰,培养新一代学术带头人,把“同济桥梁”打造成国际一流的学科品牌。2009年,他又建议在土木工程学院创设“高等研究院”,提出“引领土木学科基础研究、支撑土木工程持续发展”的基本任务以及“为同济土木长盛不衰贡献力量”的号召,力争把同济大学土木工程学科建设成为国际一流学科。对于研究生培养,他提倡高标准严要求,强调要树立严谨求实的学风和以自学为主的学习方式,培养科学创新意识。他先后指导出站博士后4名、毕业博士49名和硕士28名,这些学生今天已成长为新一代学科带头人和我国桥梁建设领域的中坚力量,两位博士生的学位论文被评为“全国优秀博士学位论文”(2000年和2002年)。2001年,他主持编写出版了讲授多年的研究生课程——《高等桥梁结构理论》的教材,受到广泛欢迎。在担任土木工程学院院长时,他积极倡导名师、教授要为本科生授课,并亲自带头为低年级学生讲授“土木工程概论”。

近年来,项海帆基于对中国桥梁建设成就背后存在的问题的深刻思考,又及时提出了中国桥梁要重视概念设计中的桥梁美学和科技创新的课题,并以近古稀之年躬身践行进行了积极探讨。他先后为研究生、系内教师和工程师们开设“桥梁的美学思考”、“世界桥梁发展中的主要技术创新”、“从桥梁大国走向桥梁强国”、“桥梁概念设计”等学术讲座,为交通部高级研修班作“中国桥梁建设的成就和不足”、“20世纪国际最美桥梁”和“中国桥梁科技发展战略思考”等演讲,并在中国土木工程学会桥梁及结构工程分会第十六届年会上倡导和组织了“中国最美桥梁”的评选活动。他多次提

出,经过 20 世纪 80 年代的“学习和追赶”以及 90 年代的“紧跟和提高”两个重要发展阶段之后,21 世纪的中国桥梁事业应该树立“创新和超越”的更高目标。他在不同场合勉励中国年轻一代的桥梁工程师要努力创新,勇于实践,力争在新世纪的桥梁发展实践中创造出中国原创桥梁技术,建造出一大批创新、优质、美观的令国际同行尊重的优秀桥梁,最终使中国进入世界桥梁强国的前列。项海帆始终站在桥梁工程实践和科技进步的前沿,指引着桥梁事业发展的前进方向。

3 总结

项海帆是著名的工程科学家和教育家,是我国杰出的桥梁与结构工程专家和桥梁结构抗风研究的奠基人。

50 多年来,他在同济大学从事土木工程领域中难度较大的桥梁结构稳定与振动的研究与教学,特别是在桥梁抗震理论及工程应用、桥梁结构关键技术及设计理论、大跨度桥梁施工控制理论及其工程应用、大跨度桥梁风振稳定性理论及其控制原理、桥梁与结构的风荷载理论和抗风设计方法以及桥梁工程学科建设和人才培养等方面作出了重大贡献;与此同时,主持解决了上海南浦大桥、杨浦大桥、虎门大桥、江阴长江大桥、卢浦大桥、东海大桥、润扬长江大桥、苏通长江大桥、舟山西堠门大桥等重大桥梁工程抗风等关键科学技术问题,取得了巨大的经济效益和社会效益。

项海帆不仅自己具有很高的学术水平,而且在国家重点学科建设、国家级科研基地建设以及人才培养等方面都做出了巨大的成绩。他作为学科带头人的同济大学桥梁工程学科是上海市重中之重学科和国家重点学科;他担任主任的土木工程防灾国家重点实验室在 1997 年被评为优秀国家重点实验室,特别是他亲自领导的风洞试验室不仅拥有包括世界第二大规模的边界层风洞在内的世界最先进风洞试验设备,而且形成一批热爱祖国、拼搏创新的老中青三结合的科研骨干组成的学术梯队,成为我国和世界的桥梁抗风研究中心;他始终不渝地以“热爱祖国、热爱桥梁事业”的坚定信念教育学生,培养出 80 多名博士后、博士和硕士,他的大批学生已在桥梁设计、建设、科研和教学等部门担任主要技术领导职务。

不仅学术、技术成就卓著,他还在倡导自主设计与建造我国大跨度桥梁方面作出了重要贡献,并为我国

桥梁建设水平的迅速提高和赶超国际先进水平起到了至关重要的作用。他也因此于 2001 年当选为国际桥梁与结构工程协会副主席,成为我国担任这一国际土木工程界最有影响的学术组织高层领导的第一人。

项海帆具有爱国自强的高尚情操、严谨治学的踏实作风、开拓创新的科学精神和正直无私的坦荡胸怀,是同事同行的良师与益友,也是后辈学人的楷模与典范。

4 主要论著

主要专著

- [1] 项海帆,刘光栋. 拱结构的稳定与振动. 北京:人民交通出版社,1991.
- [2] 项海帆主编. 中国桥梁. 上海:同济大学出版社/建筑与城市出版社,1993.
- [3] 李国豪,项海帆等. 桥梁结构稳定与振动. 北京:中国铁道出版社,1996.
- [4] 项海帆主编. 公路桥梁抗风设计指南. 北京:人民交通出版社,1996.
- [5] 项海帆主编. 高等桥梁结构理论. 北京:人民交通出版社,2000.
- [6] 项海帆主编. 中国大桥. 北京:人民交通出版社,2003.
- [7] 项海帆等. 现代桥梁抗风理论与实践. 北京:人民交通出版社,2005.
- [8] 项海帆等. 中国桥梁史纲. 上海:同济大学出版社,2009.

主要论文

- [1] 项海帆. 关于单孔拱桥的实用抗震计算方法. 同济大学学报,1978 年第 4 期.
- [2] 项海帆. 斜拉桥在行波作用下的地震反应分析. 同济大学学报,1983 年第 2 期.
- [3] Xie J M, Xiang H F. State-Space Method for 3-D Flutter Analysis of Bridge Structures. Proceedings of the 1st Asia and Pacific Conference on Wind Engineering. Roorkee, India. Dec. 5-7, 1985.
- [4] Xiang H F, Chen W, Gu M. Practical Calculation Method for Buffeting Response Spectrum of Long-Span Bridges. Selected Papers of Tongji University. 1994.

- [5] Xiang H F, Chen A R, Lin Z X. An Introduction to the Chinese Wind-Resistant Design Guideline for Highway Bridges. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. Vol. 86, 1998.
- [6] Xiang H F, Zhang R X. On Mechanism of Flutter and Unified Flutter Theory of Bridges. *Proceedings of the 10th International Conference on Wind Engineering*. Copenhagen, Denmark. June 12 - 16, 1999.
- [7] 项海帆、石雪飞. 斜拉桥施工控制方法的分类分析. *同济大学学报*, 2001 年第 1 期.
- [8] Xiang H F, Ge Y J. Refinements on Aerodynamic Stability Analysis of Super Long Span Bridges. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. Vol. 90, 2002.
- [9] Xiang H F, Ge Y J. On Aerodynamic Limit to Suspension Bridges. *Proceedings of the 11th International Conference on Wind Engineering*. Lubbock, USA. June 2 - 6, 2003.
- [10] 项海帆, 鲍卫刚, 陈艾荣, 林志兴. 公路桥梁抗风设计规范. 中华人民共和国交通部发布(JTG/T D60-01-2004):
- [11] Xiang H F, Ge Y J. The State-of-the-Art on Long-Span Bridge Aerodynamics in China. *Journal of Structural Engineering International*, Vol. 5, 2005.
- [12] Xiang H F. Cultivating Innovative Talents through Reforming Engineering Education. *Structural Engineering International*, Vol. 17, No. 3, 2007.

5 参考文献

- [1] 教育部. 国家最高科学技术奖推荐书. 2004.
- [2] 项海帆. 桥梁结构理论与实践[M]/绪论. 上海: 同济大学出版社, 2007.
- [3] 陆幸生. 大桥是这样自主建造的[J]. 新民周刊. 2007.
- [4] 项海帆. 情系同济五十六年(1951—2007). 同济大学百年校庆特刊. 2007.
- [5] 葛耀君. Nonimation Package for the ASCE Robert H. Scanlan Medal 2010: Biographical Information of Haifan Xiang. 2009.

6 论著细目

专著:

- [1] 李国豪, 项海帆等. 工程结构抗震动力学. 上海: 上海科学技术出版社, 1980.
- [2] 项海帆译. 钢筋混凝土及预应力混凝土桥建筑原理(译著: 德文), F. 莱昂哈特著. 北京: 人民交通出版社, 1988.
- [3] 项海帆译. 钢桥的疲劳和断裂(实例研究)(译著: 英文), (美)费希尔(Fisher J. W.)著. 北京: 中国铁道出版社, 1989.
- [4] 项海帆、刘光栋. 拱结构的稳定与振动. 北京: 人民交通出版社, 1991.
- [5] 刘尚培, 项海帆等译. 风对结构的作用——风工程导论(译著: 英文), (美)E. Simi 著. 上海: 同济大学出版社, 1992.
- [6] 项海帆主编. 中国桥梁. 上海: 同济大学出版社/建筑与城市出版社, 1993.
- [7] 李国豪, 项海帆等. 桥梁结构稳定与振动. 北京: 中国铁道出版社, 1996.
- [8] 项海帆主编. 公路桥梁抗风设计指南. 北京: 人民交通出版社, 1996.
- [9] 万明坤, 程庆国, 项海帆等. 桥梁漫笔. 北京: 中国铁道出版社, 1997.
- [10] 项海帆主编. 高等桥梁结构理论. 北京: 人民交通出版社, 2000.
- [11] 项海帆主编. 中国大桥. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [12] 项海帆, 葛耀君主编. IABSE 2004 年大会论文集——大都市人居环境与基础设施. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [13] 项海帆等. 现代桥梁抗风理论与实践. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [14] 项海帆主编. 中国优秀桥梁. 北京: 人民交通出版社, 2006.
- [15] 项海帆. 桥梁结构理论与实践——项海帆教授论文选集. 上海: 同济大学出版社, 2007.
- [16] 项海帆等. 土木工程概论. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [17] 项海帆等. 中国桥梁史纲. 同济大学出版社, 2009.