

城市桥梁 运行管理探索与实践

CHENGSHI QIAOLIANG

YUNXING GUANLI TANSUO YU SHIJIAN

余建民 编著



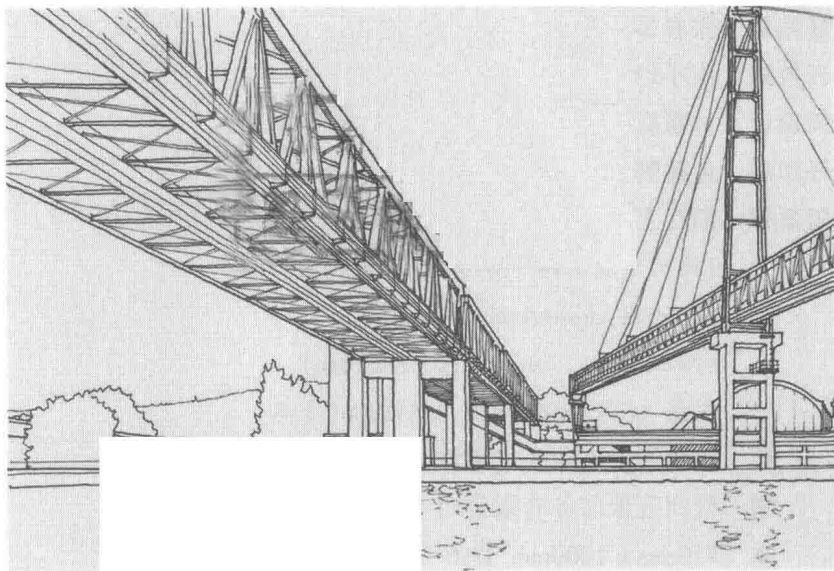
浙江工商大学出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS

城市桥梁

CHENGSHI QIAOLIANG YUNXING GUANLI TANSUO YU SHIJIAN

运行管理探索与实践

余建民 编著



浙江工商大学出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

城市桥梁运行管理探索与实践 / 余建民编著. —
杭州: 浙江工商大学出版社, 2017.3
ISBN 978-7-5178-2064-2
I. ①城… II. ①余… III. ①城市桥—运行—管理—
研究 IV. ①U448.15
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 037241 号

城市桥梁运行管理探索与实践

余建民 编著

责任编辑 张春琴
责任校对 何小玲
封面设计 林蒙蒙
责任印制 包建辉
出版发行 浙江工商大学出版社
(杭州市教工路 198 号 邮政编码 310012)
(E-mail: zjgsupress@163.com)
(网址: <http://www.zjgsupress.com>)
电话: 0571-88904980, 88831806(传真)

排 版 杭州尚俊文化艺术策划有限公司
印 刷 杭州五象印务有限公司
开 本 710mm × 1000mm 1/16
印 张 18.75
字 数 326 千
版 印 次 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5178-2064-2
定 价 42.00 元



版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江工商大学出版社营销部邮购电话 0571-88904970

《城市桥梁运行管理探索与实践》编辑委员会

编 著 余建民

参编人员 邵福彪 姜金斌 张国伟

祝 俊 姜 群 潘亚成

序 言

城市桥梁作为道路交通网络的重要组成部分,是保证城市功能和保障人民生活的重要物质基础。一直以来,桥梁主管部门以解决与人民群众息息相关的安全问题为着力点,围绕桥梁安全管理的关键环节,积极推进法律法规建设,健全体制机制,强化标准规范,保障城市桥梁运行的安全,提升城市发展能力,为推进城镇化建设和城市化进程提供强有力的保障。

我国桥梁建设以令世人惊叹的规模和速度迅猛发展,取得了巨大成就。据统计,至2013年底,全国城市道路达33.6万公里,城市桥梁近6万座。我国经济发展和社会正常运转也越来越依赖这个数量庞大的桥梁群体的安全、长久和稳定运行,保障桥梁安全、健康运行,也是桥梁监管的一项基本任务。但是,由于长时间超负荷服役,部分桥梁正处于风险相对高发期,特别是近年来,超载超限车辆违规上路时有发生,治理难度不断加大,桥梁安全运行形势堪忧。

因此,为了认真贯彻落实科学发展观,坚持桥梁科学管理、依法管理、规范管理、专业管理、精细管理和信息管理,保障桥梁运行安全,每座城市在加大桥梁工程建设投资的同时,也加大了桥梁运行管理与保护的投入,并在桥梁监管中进一步明确政府各有关部门和桥梁运行管理机构的权利和责任,强化行业管理职能,规范运行管理职责。特别是大型桥梁的安全运行管理及养护方面存在的问题日益严峻。部分城市发生桥梁倒塌事故,暴露出城市桥梁设施质量水平不高、管养不到位、安全隐患处置不及时等诸多问题。因此,目前应加强桥梁监管,充分认识城市桥梁安全保护与养护工作的重要性和紧迫性,增强安全意识、防范意识,对辖区内的城市桥梁进行产权、安全保护与养护管理责任的划分,不留死角,做到责任到人,确保城市桥梁运行安全。

现阶段桥梁监管机构应按照国家 and 地方有关桥梁运行管理的相关规定,建立健全桥梁日常养护管理制度和相关应急预案,并按行业规范要求,配备必要的桥梁



管理检测设备,开展技术业务的培训,而且要针对不同技术状况的桥梁合理安排养护计划。另外,协调、配合公安交通管理部门打击和遏制危害桥梁安全的超载超限行为,也将成为今后城市桥梁运行管理的一项极为重要的工作。

桥梁监管机构应当立足当前,着眼长远,不断完善体制机制,优化制度设计,建立健全法律法规制度,科学制定标准规范体系,构建桥梁安全运行的全过程长效机制,为城市桥梁安全运行奠定坚实的制度基础。在监管过程中则要求分步实施,有序推进,科学地规划桥梁安全运行和养护维修,明确责任分工,注重标本兼治,切实发挥法规、标准、制度在运行安全管理中的引领、推动、促进作用,确保各项工作能够扎实开展,落实到位。桥梁监管机构要以日常监管中的问题为导向,紧紧抓住关键环节,从桥梁结构质量、车辆超限超载、安全保护区设置及从业人员职业素质等影响城市桥梁运行安全的突出问题着手,建立健全运行安全管理的制度与安全目标,并按照安全、科学、有序发展的要求,逐步建立和完善城市桥梁政府监管的行政法规和管理规章,以及养护维修技术标准体系、应急保障体系,着力提升监管能力,确保工作取得实效。

《城市桥梁运行管理探索与实践》一书反映了城市桥梁监管工作的最新研究成果,希望本书的出版,可以得到更多同行的品读、研究,使其更多地了解、关注城市桥梁监管事业,能为提升我国城市桥梁运行管理水平提供对策建议并作为重要参考。

2016年12月于杭州

前 言

桥梁是交通运输的咽喉,是城市的生命线工程,在城市发展过程中具有非常重要的地位。而在我国经济快速发展、交通越来越便捷的同时,外界环境对桥梁的影响也越来越严重,一旦桥梁遭遇偶然事件或因功能退化而发生坍塌,将直接危害出行者的生命,同时给国家造成不可估量的经济损失,这将在社会上产生强烈反响。

国务院令 198 号《城市道路管理条例》规定,县级以上城市人民政府市政工程行政主管部门主管本行政区域内的城市道路管理工作,由市政设施行政主管部门依据法律法规,负责城市桥梁运行管理工作,并遵循“安全第一、预防为主、综合治理”的原则。

近年来,随着城市化进程的迅速推进,浙江省城市桥梁的运行管理工作也遇到了很多新问题,比如现有规范较为分散,很多管理要求缺失,难以满足当前的运行管理工作需要。为此,浙江省住房和城乡建设厅于 2014 年发布首部《城市桥梁与隧道运行管理规范》,规定了城市桥梁运行管理等级,以及安全运行、养护与维修、检测与监测等监管内容,对提高浙江省城市桥梁的运行管理水平有重要意义。

本书重点围绕上述职能职责及浙江省城市桥梁运行管理要求,依照近年来国家和地方的法规政策,尝试从政府监管、桥梁标准化作业管理、桥梁养护管理、桥梁安全防护、桥梁应急管理及桥梁坍塌事故的警示等方面,系统整理并介绍或阐述了城市桥梁运行管理的理论依据和安全运行防护等具体内容。

例如:根据桥梁规模、结构形式和在路网中的重要程度宜划分为五种类别。Ⅰ类为特大桥及特殊结构的桥梁;Ⅱ类为城市快速路网上的桥梁;Ⅲ类为城市主干路上的桥梁;Ⅳ类为城市次干路上的桥梁;Ⅴ类为除上述四类以外的桥梁。

桥梁运行管理等级按桥梁类别宜分为一级、二级、三级。一级是对Ⅰ类、Ⅱ类城市桥梁,以及位于人流集中、交通流量大之处的Ⅲ、Ⅳ类城市桥梁的监管;二级是对除一级运行监管以外的Ⅲ类、Ⅳ类城市桥梁的监管;三级是对Ⅴ类城市桥梁的



监管。

桥梁养护市场化就是将桥梁养护的任务完全推向市场,通过市场对养护资源的有效配置来实现桥梁养护管理的目标,这种市场模式既能保证养护质量,强化政府监管,又能保证养护效率并降低养护成本。2000年以来,杭州城市桥梁养护产业发展迅速的一个重要原因是经过数轮体制改革,市政管养体制已经彻底分开,将原来由政府包揽一切的传统做法,改为政、企合作的桥梁养护与管理体制,即建立了以市场化运作为主导,多渠道、多元化的养管机制。

城市桥梁安全保障方面:

一是应规范设置限载、限高等标志,避免部分超载、超重、超高车辆闯入对城市桥梁造成危害。

二是桥梁建筑限界和桥下通航净空应保证桥梁结构本身,以及通航船舶、行驶车辆、行人的安全,并在这两个空间范围内,不得有任何损害桥梁结构的设施及障碍物侵入。

三是现状或规划有通航要求的桥墩的设计和施工应考虑防船舶撞击的可能。桥梁设计阶段应根据通航等级要求,对通航孔的桥墩进行最不利条件下的抗船舶撞击专项方案设计和验算,并在设计方案中明确相应防撞设施的安装部位和方法,以及材料等级和尺寸要求,以确保通航孔桥墩的抗船舶撞击能力和避免对桥墩结构的撞击破坏。

四是随着城市建设的发展,施工作业形式多样化,工程建设对周围环境的影响越来越复杂,如:基坑开挖的大量卸荷引起基坑周围土体发生水平和竖向的位移,沉桩的挤土效应也会导致一定范围内的地面发生水平和竖向的位移,大量土体的移动可能导致邻近建筑物倾斜或开裂、道路损坏、管线断裂等事故。因此,为保护重要的建筑物和生命线工程的安全,特别是城市桥梁的安全,通常需要设置一定范围的保护区域,以防范工程建设活动对建筑物可能造成的不利影响。

五是城市桥梁上设置大型广告、悬挂物等辅助物的,应当出具相应的风载、荷载实验报告,以及原设计单位的荷载复核计算书和技术安全意见书,并报市政工程施工行政主管部门批准和运行管理机构同意后,方可实施。10kV以上(不含10kV)的高压电缆及压力大于0.4MPa的易燃、易爆、有毒或有腐蚀性的液(气)体管道或污水管均应禁止设置。

六是为适应城市交通的发展要求,也需要对原技术标准较低的桥梁进行改造,提高其承载能力。同时,为了保证桥梁建设质量,减少桥梁运行期间的病害发生,桥

梁建设期间应严格实施质量管理,把好材料质量关,严格按照设计图纸进行施工。

在本书完稿之际,笔者要感谢杭州市建委丁狄刚同志、杭州市城管委领导,他们对本书提出了许多好的建议;感谢享受国务院特殊津贴、教授级高级工程师二级、桥梁专家俞菊虎同志对笔者研究工作的充分肯定和赞许,并为本书作序予以鼓励;感谢杭州电子科技大学王雷副教授对本书研究工作的指导。本书的出版还得到了杭州市市政工程集团有限公司的大力帮助,在此深表谢意。

本书的编写参考和引用了诸多同行学者的著作、论文和相关标准规范,以及国家法规政策,并在编写过程中得到了领导和诸多同行的指导和帮助,在此谨向他们致以诚挚的谢意!由于笔者水平有限,文中若有不当之处或错误,恳请读者批评指正。

编著者

2016年6月

目 录

第一章 绪 论

第一节 桥梁的历程与发展	001
一、桥梁建筑的演化与革新	001
二、我国古桥梁建筑成就	003
三、现代桥梁建筑与发展	006
第二节 桥梁管理综述	010
一、桥梁管理理论体系框架的建立	010
二、国内外桥梁管理模式	012
三、桥梁运行管理及现状	017
第三节 桥梁坍塌事故的警示	021
一、桥梁坍塌事故原因	021
二、典型垮塌事故	025

第二章 政府监管

第一节 政府监管机制	026
一、政府监管相关理论	026
二、构建桥梁监管体系	030
三、桥梁监管政策法规	033
第二节 桥梁监管主要任务	040
一、依法监管的重要职责	040



二、编制中长期监管规划	041
三、落实十项基础性工作	044
第三节 桥梁养护市场化	049
一、养护市场监管总目标	049
二、全面实行养护市场化	050
三、杭州市养护市场化改革	053
第四节 桥梁安全运行管理	057
一、桥梁安全风险对策	057
二、桥梁现场安全管理	061
三、管理作业标准化建设	067
四、安全文化建设	072

第三章 桥梁标准化作业管理

第一节 安全性检测管理	076
一、桥梁术语与结构组成	076
二、桥梁结构的安全等级	079
三、桥梁结构安全性检测	081
第二节 健康监测管理	094
一、桥梁健康监测综述	094
二、健康监测系统的应用	098
三、桥梁结构损伤识别	106
第三节 桥梁接管与检查考核管理	109
一、桥梁移交与接管	109
二、桥梁检查分类及内容	118
三、桥梁运行管理考核标准及内容	122
第四节 桥梁信息系统管理	137
一、信息管理系统应用	137
二、信息管理系统架构	141

第四章 桥梁养护管理

第一节 桥梁养护管理基本内容	145
一、桥梁养护分类及特征	145
二、桥梁养护管理的内容	148
三、桥梁养护与适用性	149
第二节 桥梁日常养护	153
一、桥面系及支座的日常养护	153
二、桥梁混凝土结构的养护	161
三、桥梁钢结构的养护	172
四、桥梁缆索体系的养护	176
五、桥梁下部结构的养护	180
第三节 桥梁加固与旧桥拆除	182
一、桥梁加固的原则	182
二、桥梁加固的常用方法	184
三、旧桥拆除作业	190
第四节 腐蚀环境下桥梁的防护	195
一、桥梁腐蚀破坏的因素	195
二、钢桥梁的腐蚀防护	198
三、钢筋混凝土桥的腐蚀防护	199
四、桥梁缆索系统的腐蚀防护	200
第五节 桥梁机电设施的维护	202
一、机电设施故障的处置	202
二、机电设施使用维护	203

第五章 桥梁安全防护

第一节 桥梁安全保护区域	212
一、桥梁安全保护区域设置	212
二、限制性施工及其影响	216



第二节 超重车辆过桥与限载	225
一、超限与超重车辆	225
二、桥梁限载	227
三、超重车辆过桥	232
第三节 危险货物载运防护	237
一、危险货物载运许可	237
二、危险货物载运分类	238
三、载运车辆防护措施	241
第四节 桥下空间安全防护	244
一、桥下空间及其利用	244
二、公用设施防护标准	245
三、需适应周边区域的功能	247
第五节 桥区水域通航与防船撞	249
一、通航安全影响的论证	249
二、桥区水域航行的规定	250
三、桥梁防撞预控技术	252

第六章 城市桥梁应急管理

第一节 事故应急管理	254
一、桥梁事故与应急管理综述	254
二、应急管理的基本框架	257
三、应急管理的主要内容	258
第二节 应急救援体系建设	260
一、应急救援体系的重要性和必要性	260
二、应急救援体系构成	261
三、应急救援体系的运作机制	262
第三节 编制重要桥梁应急预案	264
一、编制应急预案综述	264
二、编制应急预案总体框架	266

三、编制应急预案的基本要求	267
四、编制应急预案的主要内容	269
第四节 重要桥梁突发事件的处置	271
一、突发事件处置程序	271
二、交通事故应急处置	272
三、桥上爆炸、火灾应急处置	273
四、危险物质泄漏应急处置	274
五、遭遇暴雨、台风应急处置	274
六、遭遇浓雾应急处置	275
七、遭遇降雪、结冰应急处置	275
八、遭遇地震应急处置	277
九、遭遇雷电应急处置	278
十、通航孔船撞应急处置	278
参考文献	280

第一章 绪 论

第一节 桥梁的历程与发展

我国是四大文明古国之一,有悠久的历史、灿烂的文化,我们的祖先在世界桥梁建筑史上写下了不少光辉的篇章。资料记载中,一般把桥梁建筑发展的历程分为古代、近代和现代三个时期;从我国桥梁的建筑历程看,则可划分为浮桥和梁桥创始期,索桥和拱桥发展期,石拱桥鼎盛期,干修法创新期,现代发展期。

一、桥梁建筑的演化与革新

桥梁是架在水上或空中以便通行的建筑物。桥梁的发展历程,其实是一部桥梁建筑跨径不断增大、桥型不断丰富、结构不断轻型化的历史。

(一)建筑新材料不断涌现

在 17 世纪以前,桥梁一般是用木、石材料建造的,按建桥材料的不同,桥分为石桥和木桥。18 世纪以后,用石灰、黏土、赤铁矿混合煅烧而成的水泥的发明,以及铁的生产和铸造,为建造桥梁提供了新的材料。但铸铁抗冲击性能差,抗拉性能也低,易断裂,并非良好的造桥材料。

至 19 世纪 50 年代,随着转炉炼钢和平炉炼钢技术的发展,钢材成为重要的造桥材料。钢的抗拉强度大,抗冲击性能好,尤其是 19 世纪 70 年代出现了钢板和矩形轧制断面钢材,为桥梁部件在厂内组装创造了条件,使钢材应用日益广泛。

到 20 世纪 30 年代,预应力混凝土和高强度钢材相继出现,材料塑性理论和极限理论的研究,桥梁振动和空气动力学研究,以及土力学的研究等获得了重大进展,从而为节约桥梁建筑材料,减轻桥重,预计基础下沉深度和确定其承载力提供

了科学的依据。

现代桥梁按建桥材料可分为预应力钢筋混凝土桥、钢筋混凝土桥和钢桥。随着科技的发展,具有高强、高弹模、轻质等特点的新材料纷纷面世。超高强硅粉和聚合物混凝土、水下不离析混凝土、耐候钢钢板、铝合金钢、玻璃纤维和碳纤维增强等一系列材料将代替传统的钢材和混凝土,以适应城市大跨径桥梁的建设需要。

(二)桥梁跨度结构不断突破

进入 20 世纪 90 年代,我国现代桥梁建设迎来了一个辉煌的时期。1997 年,第一座六车道、跨径 888m 的全焊接钢箱梁悬索桥——广东虎门大桥正式通车,书写了中国桥梁建设的新篇章。1999 年,江阴长江公路大桥以主跨 1385m,一跨过江的纪录,成为中国桥梁发展史上的里程碑。2008 年,苏通长江公路大桥开通,成为世界第一的“千米跨越”斜拉桥,同时也代表了当前国内桥梁建设的最高水平。

据不完全统计,到 2010 年底,世界上建成和在建主跨跨径 600m 以上的斜拉桥共 15 座,我国占 12 座;跨度 1000m 以上的悬索桥共 26 座,我国占 10 座;跨度 250m 以上的预应力混凝土桥共 20 座,我国占 12 座;已建跨度 420m 以上的拱桥共 12 座,我国占 9 座。

总的来说,在保持一定承载能力的条件下,桥梁跨度能反映当前桥梁建筑技术的水平,是衡量桥梁规模的一个主要指标。现今我国桥梁建筑中钢梁、钢拱的最大跨径已经超过 500m,斜拉桥为 890m,而悬索桥已达 1990m,从中不难看出,桥梁跨度随着人们对跨江、跨海交通的需要不断加大。为了避免修建或少建深水桥墩,提升通航能力,我们相信,现有悬索桥、斜拉桥等桥式的跨度纪录会一再被打破。据桥梁建造师们预测,前者的跨度将超过 3000m,后者的跨度将突破 1000m。

(三)桥梁建筑技术不断进步

随着现代桥梁跨度的增大,环境的变化(如海洋环境),结构体系的多样化与复杂化,桥梁建筑的设计常会面临许多新的课题与难题,因此人们在不断地进行桥梁设计理论的研究与探索,并以结构可靠性、全寿命设计理论为基础,采取以分项系数表达的概率极限方法进行设计。与早先采用的容许应力设计和破坏强度设计等方法相比,这些新的设计理论方法则更趋合理,更具先进性。

对中小跨径的梁桥设计,已广泛采用装配式钢筋混凝土及预应力混凝土板式或 T 形梁桥的定型设计,不但经济实用,而且施工方便,能加快建设速度。各地因地制宜地创建了一些各具特色的拱式桥型,其中江浙一带主要推广钢筋混凝土桁架拱桥和刚架拱桥,山东是两铰平板拱桥,河南是双曲扁拱桥,这些新桥型在结构和

施工方面各具特色。预应力混凝土连续刚构特别适合在山区、深沟等地修建。

现在的拱桥,除了有支架施工外,对于大跨度的拱桥通常采用无支架施工、转体施工和刚性骨架施工法,混凝土梁桥悬臂平衡法、顶推法,钢箱梁大节段整体吊装、深水桥梁承台采用预制混凝土底板钢套箱等方法,而钢套箱加工制造简单、拼装拆卸方便,底梁支撑系统可重复使用,工效高,质量优,效果显著。还有许多先进的施工方法在不断探索,如大直径深孔变截面钻孔灌注桩(桩径 2.5 ~ 3.2m,桩长总计 110.15m),这对于大型跨海跨河桥梁工程而言,显得尤为重要。

二、我国古桥梁建筑成就

(一)古桥梁的建筑历程

殷商至西周(约公元前 17 世纪初—公元前 771 年)为我国浮桥和梁桥的创始期,其时间跨越 800 多年,此时的浮桥和梁桥均为木构。据《诗经·大雅》记载,周文王娶妻,曾在渭河上“造舟为梁”,架设了一座浮桥。浮桥的架设由于具有简便快速的特点,当时常被用于军事活动。另据《史记》记载,公元前 985 年,周穆王曾在巨鹿水上造桥;公元前 541 年,秦公子鍼曾在陕西大荔东黄河上修建浮桥。汉唐以后,浮桥的运用已日趋普遍。

我国战国时期(公元前 332 年)开始建筑的另一类古桥多以木桩为桥墩,上置木梁、石梁,称之为梁桥。石梁限于跨度,桥墩较密集,而木梁的跨度较大。随后的梁桥建筑,为了防止木梁朽损,桥上建有桥廊与桥屋保护桥面,桥廊两侧设有坐凳,也可供行人歇凉,这种桥又称为廊桥。

南宋时著名的安平桥就属于廊桥,它雄跨泉州安海镇港的港湾之上,全长约 2500m,分 362 跨,因长度超过 5 里,故又称五里桥,桥上建有桥亭 5 座。另有湖南、贵州与广西交界一带的侗族村寨,曾建有多种形式的风雨桥。风雨桥又称花桥,也为木梁式结构。四川、青海、甘肃交界处还有一种悬臂式廊桥,其结构为由两岸层层挑出圆木,至中部再架横梁,桥上建廊,外观奇特。

从战国至秦、汉(约公元前 475 年—公元 220 年)是索桥和拱桥的发展期,时间跨越六七百年。据西汉王褒的《益州记》记载,公元前 3 世纪,第一座竹索桥出现在成都市郊;公元前 206 年,第一座铁索桥出现在陕西留坝的寒溪河上。又据《汉书·岑彭传》记载,公元 33 年,第一座长江大桥——索桥,出现在宜昌东南;公元 282 年,第一座拱桥出现在洛阳城外。此时,拱圈结构开始出现在桥梁建筑中。宋代张择端的《清明上河图》上出现的虹桥,就是一座大型木构拱桥,桥下可以过往商船。在