

桥梁管理策略与实践研究

赵立财 著



光明日报出版社

桥梁管理策略与实践研究

赵立财 著

光明日报出版社

图书在版编目(CIP)数据

桥梁管理策略与实践研究 / 赵立财著. — 北京:
光明日报出版社, 2016.6
ISBN 978-7-5194-0917-3

I. ①桥… II. ①赵… III. ①桥—保养—研究 IV.
①U445.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 126398 号

桥梁管理策略与实践研究

著 者: 赵立财

责任编辑: 李 娟 封面设计: 信利文化
责任校对: 邓 贝 责任印制: 曹 净

出版发行: 光明日报出版社

地 址: 北京市东城区市口东大街 5 号, 100062

电 话: 010-67022197(咨询), 67078807(发行), 67078235(邮购)

传 真: 010-67078227, 67078255

网 址: <http://book.gmw.cn>

E-mail: gmcbs@gmw.cn lijuan@gmw.cn

法律顾问: 北京德恒律师事务所龚柳方律师

印 刷: 永清晔盛亚胶印有限公司

装 订: 永清晔盛亚胶印有限公司

本书如有破损、缺页、装订错误, 请与本社联系调换

开 本: 889 × 1194 1/32

字 数: 140 千字

印 张: 7

版 次: 2016 年 8 月第 1 版

印 次: 2016 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5194-0917-3

定 价: 36.00 元

前 言

在经济技术高度发展的今天,城市桥梁建设管理部门逐渐兴起,城市桥梁的管理已经成为国内外桥梁工程领域研究和关注的热点。特别是一些结构体系复杂、建造年代久远的桥梁,为了保证其安全通行,对其科学合理的管理至关重要。同时,随着城市交通流量和车辆荷载的增大,以及新型特殊组合结构桥梁的出现,城市桥梁管理的复杂性和技术要求日益上升。如何对城市桥梁管理体制建设、检测评估、日常管理及维修加固、在线检测与安全预警、数字化管理等进行科学的规划,成为目前迫切需要解决的问题。本书就此展开研究和探讨。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 基本概念及主要内容	1
第二节 城市桥梁管理的意义	4
第三节 现代城市桥梁的研究及应用现状	6
第二章 城市桥梁管理策略规划技术探索	11
第一节 桥梁管理策略规划的背景与发展分析	11
第二节 策略规划的层次、原则、目标及要求	23
第三节 策略规划及技术思路	32
第四节 策略规划技术路线	43
第五节 策略规划研究大纲	70
第三章 桥梁管理的中长期策略规划关键技术研究	83
第一节 策略总则研究	83
第二节 城市桥梁结构运营状况及管理现状调研与分析	92
第三节 桥梁管理体制建设规划	105
第四节 桥梁的检测评估规划	115
第五节 桥梁日常管理及维修加固规划	127
第六节 城市主干道桥梁在线检测与安全预警系统的需求分析	138
第七节 桥梁数字化管理系统规划	144
第八节 桥梁管理规划评价分析	152
第四章 桥梁管理中长期规划文本	158
第一节 管理规划实施保障	158
第二节 队伍建设	166

第三节 管理规划的管理措施	175
第四节 投资估算及实施安排	186
第五节 策略规划结论及建议	196

第五章 桥梁管理工作的实践与思考

202

第一节 桥梁工程管理实践方案	202
第二节 桥梁工程管理的思考探索	207

第一章 绪论

第一节 基本概念及主要内容

桥梁管理系统的基本内涵可以定义为决策者在桥梁管理中寻求投资有效分配方案,优化利用桥梁可用资源,包括信息采集、信息分析和方案决策的管理方法和工具,是桥梁管理与现代科学技术相结合的产物。桥梁管理系统的建立能为桥梁管理部门的决策人提供科学的管理工具和方法,使资源得到最大程度的利用和发挥。

桥梁管理系统的概念

在桥梁结构理论、计算机科学技术、地理信息技术、系统科学等工程科学技术飞速发展的今天,利用科学手段进行桥梁资料信息管理已经成为现实。

桥梁管理系统(简称 BMS: Bridge Management System)是最近二十多年来在世界范围内土木工程领域出现的跨学科、跨领域的集成系统。它运用系统分析的方法,以先进的计算机技术为工具,综合考虑社会、经济、政治、技术等因素,以相互协调和有组织的方式把同桥梁有关的各个信息结合在一起,如桥梁数据的采集、处理与分析,从而实现对桥梁的施工、监督养护、维修加固的设计、评析及决策进行系统化管理,它涉及到系统科学、管理科学、统计科学以及计算机科学等多种科学。

在我国现有的公路桥梁中,许多桥梁由于设计标准低,长期缺乏必要的养护维修,已经不能适应现代交通发展的需要,一座桥梁构件既多且杂。如何有效地管理路网上这一数量多且繁杂的桥梁构件,以维持桥梁的结构安全及运输功能? 如何有效地管理桥梁档案,以免档案的丢失? 如何合理地利用有限的资源,保持桥梁的服

务水准? 决策者如何在众多改善方案中选择最合适的改善方案,避免资源浪费? 等等。为了满足这些需求以提高桥梁养护管理水平,引进科学管理体系,使“桥梁管理系统”的观念应运而生。

桥梁管理系统是一门综合管理技术,它基于桥梁结构工程、病害机理、检测技术、数据采集技术、地理信息系统(GIS)技术等,运用计算机系统所提供的数据处理功能、评估决策方法和管理学理论,对现有桥梁进行档案管理、状况登记、评估分析、状态预测等。建立桥梁管理系统能够全面地收集、储存和处理各类桥梁的数据资源,通过系统提供的各个模型和功能的运行,用户可以直观地了解桥梁的过去、当前和将来若干年内的运营状况,从而合理安排有限的养护资金,及时、经济和有效地对桥梁实施养护和维修,达到延长桥梁使用寿命,充分发挥桥梁的运营效能,确保交通运输安全畅通的目的。

桥梁管理监控的内容主要包括成桥理想状态确定,理想施工状态确定和施工适时控制分析。

成桥理想状态是指在恒载作用下,结构达到设计线形和理想受力状态;施工理想状态以成桥理想状态为初始条件,按实际施工相逆的步骤,逐步拆去每一个施工项对结构的影响,从而确定结构在施工各阶段的状态参数(轴线高程和应力),一般由倒退分析法确定;施工适时控制是在施工时,根据施工理想状态,按一定的准则调整,通过对影响结构变形和内力主要设计参数的识别进行修正,使结构性能、内力达到目标状态。在建立了正确的模型和性能指标之后,就要依据设计参数和控制参数,结合桥梁的结构状态、施工工况、施工荷载、二期恒载、活载等,输入前进分析系统中,从前进分析系统中可获得按施工阶段进行的每阶段的内力和挠度及最终成桥状态的内力和挠度。接着,假设成桥时为理想状态,对桥梁结构进行倒拆,利用前进分析所得的数据,可获得使桥梁结构最终为理想状态的各阶段的预抛高值,得出各施工阶段的立模标高以及砼浇筑前、砼浇筑后、钢筋张拉前、钢筋张拉后的预计标高。然

后通过卡尔曼滤波器,预告出各阶段的实际状态值,再由最后的最优控制,结合实际观测值,得出最优调整方案,最终完成整个控制过程。以上这三大系统均由计算机完成。

简单介绍桥梁监控中用到的前进分析、倒退分析和误差分析。

一、前进分析

前进分析的目的在于确定成桥结构及各施工阶段的受力状态。这种计算的特点是:随着施工阶段的推进,结构形式、边界约束、荷载形式在不断改变,前期结构发生徐变和几何位置的改变,因而,前一阶段结构状态将是本次施工阶段结构分析的基础。前进分析的计算可按有限元方法进行,目前,此类计算已有软件提供。

二、倒退分析

前进分析系统可以严格按照设计好的施工步骤进行各阶段内力分析,但由于分析中荷载的不断变化以及结构节点的相互影响,使最终结构轴线不可能达到设计轴线。因此,采用倒退分析在施工过程中设置预拱度,使在成桥状态时,结构线形满足设计要求。

倒退分析的基本思想是,假定时刻结构内力分布满足前进分析时刻的结果,线形满足设计轴线。在此初始状态下,按照前进分析的逆过程,对结构进行倒拆,分析每次卸除一个施工段对剩余结构的影响。在一个阶段内分析得到的结构位移、内力便是理想施工状态。

三、误差分析

倒退分析得到的理想状态是我们期望在施工中实现的目标,而实际施工中结构状态总是由于设计参数、施工误差、测量误差、结构分析模型误差等因素偏离目标。为了能及时有效地将实测数据(体系本身的变化、挠度、应力、现场气温等)、调整参数信息、误差信息反馈到实际施工控制中,指导现场施工作业,可编制基于现代控制论中的随机最优控制理论和有限元法的计算程序,建立现场计算机工作站(EWS),将实测结构控制参数输入,得出有效调整量,获得最优调整方案,同时预告下阶段结构状态。

第二节 城市桥梁管理的意义

桥梁结构在建造与使用过程中可能会受到不利环境影响,如有害化学物质、海水、尾气的侵蚀,遭受车辆、风、地震、疲劳、超载、人为事故等外来作用,加上结构本身的自然老化,桥梁在其生命周期内必然发生结构状态的退化。据美国联邦公路局调查,现有600000座公路桥梁中约45%存在缺陷,其中136000座属于损伤导致的结构性缺陷,124000座属于功能不全而不能充分满足现代化交通的要求,而更换或加固这些桥梁的花费将高达455亿美元。在国内,据有关部门统计,全国每年约有4万余座桥梁需要加强检查和养护,但是由于管理理念滞后、养护技术落后和维护经费不足,加上某些桥梁建设期间工程质量的先天不足,导致桥梁提前出现各种病害、退化严重乃至引发安全事故,给国家财产和人民生命安全带来巨大损失,造成不良社会影响。如2015年发生的广西柳州壶西大桥和四川宜宾南门大桥局部破坏,以及四川江大桥、辽河大桥和上海新五斜拉桥等桥梁倒塌事故,都是在投入使用后发生的。这些重大事故的发生均在社会上引起了强烈反响,也给各级桥梁管理部门敲响了警钟。近年来,山东省随着城市建设的发展,城市交通量日益繁重,车辆载重也日益加大,这些均对城市桥梁的安全提出了更高要求。据不完全统计,到2008年底,全省城市现役桥梁共5481座,其中立交桥286座,数目之大,类型之多,依靠原有的人工调查、经验判断等传统手段已无法满足现代化城市桥梁管理的要求。

桥梁管理学的意义

一、推动景观设计在桥梁建设中的深化与体制化。

改革开放二十年,我国建成了22.4万座公路桥梁,但桥梁景观设计还停留在上世纪五六十年代便发展成熟的以桥梁形式美为主

导原则的水平。这完全不能适应物质文明大踏步前进的祖国对环境品质的更高要求。

二、满足社会对城市桥梁的更高要求。

桥梁设计跟不上社会的要求,这是因为:

(一)桥梁的大规模建设不仅意味着要耗费巨额社会资金,还反映出社会物质的频繁互动对空间跨越的要求。桥梁已成为遍布城乡的一道风景线,其景观面貌作为一种现象便与物质文明挂钩,使桥梁景观有物质文明特性。

(二)桥梁景观因其巨大的体量及独特的造型成为城市居民的骄傲,在蕴涵社会进步与发展的同时还表达出一种对社会制度、人类力量的讴歌。此外桥梁景观还有一种作为地理沟通的意味,亦即所谓“纽带”的战略意义,这使桥梁景观往往成为城市文化的聚焦及城市形象的窗口,也使桥梁景观有精神文明寓意。

(三)城市桥梁除以其流畅的形态、简约的造型、大空间的跨越产生巨大物质景观的震撼外,历史事件、历史人物的介入或其表现出的人类自我价值的实现又使桥梁横生出文化景观的韵味。

上述诸点使各地政府或投资商对桥梁景观的营造更为倾情,也是社会意识超前的原因。这是桥梁景观设计研究的压力,也是桥梁景观学发展的动力!

三、塑造有特色的城市桥梁景观意义。

我国不少城市、乡镇因桥而名。大多城市几乎都有与桥有关的地点、街区或行政区划称谓。这里既有桥梁景观的历史沉积也有现代桥梁景观的功劳。这是桥梁景观对城市的地标作用。无论江河湖海上的水桥、城市立交之旱桥或高速公路互通,他们一般均处在城市或区域的结构要害,这使桥梁对城市或区域形象的塑造有义不容辞的责任。

我国的桥梁之桥型具有强烈的时代特征。如上世纪 50 年代木桥,60~70 年代拱桥,80 年代梁桥,90 年代斜拉桥,20 世纪末悬索桥、立交桥。每个时代的桥型高潮均是其结构技术突飞猛进的结果。

果。桥梁结构技术的科技特征及结构技术的不断更新使桥梁景观有深刻的时代烙印。由于桥梁在城市中的战略性地位,其时代特征又会感染城市,从而产生以点击面,四两拨千斤的作用。

桥梁所跨之处的地理、地貌或城市空间环境均有其特指性,与特指的周边空间环境的配合使桥梁景观有机地融于环境,也使为人熟知的环境空间与有发展寓意的桥梁景观间蕴生出具有地方性的景观伴生。桥梁与城市的伴生使其复合景观成为标榜城市独特性、唯一性的象征,同时也是桥梁景观地域性的表现。

(四)对桥梁建设提供景观方面的理性决策参考。

我国桥梁景观设计还无相应的技术规范,这使桥梁景观的思考缺乏科学依据。在桥梁设计方案的可行性研究中景观仅为结构后的包装或结构关系的美学调整。桥梁景观学研究除力图揭示更多的桥梁景观发展的新趋势,还从政治、经济、技术、环保等方面综合考量,以便整理出景观设计原则,使决策或方案深化有据可依。

第三节 现代城市桥梁的研究及应用现状

桥梁管理系统最早出现在美国,1972年美国联邦公路局建立世界第一个“国家桥梁档案数据库”,称为 NBI。此后,1990年在英国召开了第一次国际桥梁管理会议,桥梁维护管理已在世界范围内获得广泛的重视;同时,桥梁管理软件系统的研究也经历了从简单到复杂,从单项数据处理到多项数据、多方面综合处理的人工智能的发展过程。目前,美国、加拿大、日本等国家和地区已经建立了较为成熟的桥梁管理系统,这些系统对于改善桥梁维护和管理水平,合理地利用有限的维护资金起到了很好的作用。

1.美国 Pontis 系统

Pontis 桥梁管理系统是由美国交通部联邦道路 (FH2WA)投资,与加利福尼亚、明尼苏达、北卡罗来纳等各州的交通局协作共

同开发出来的。现在由美国州际公路与运输协会(简称 AASHTO)进行管理。Pontis 运用动态整体规划法(Dynamic Integer Programming)、概率条件状态劣化模(Probabilistic Condition State Deterioration Models)等手段对桥梁数据进行处理,以预测桥梁未来的维持管理和改建需要等。Pontis 构建了三个模型,分别用于处理不同的问题,它们对应于系统的不同功能模块,这就是网络级维护模型、功能性改进模型和决策优化模型,即采用马尔可夫退化模型预测每年各种状态之间的转化概率,理论上根据现有的监测数据就可以得到未来任意时刻的单元状态;以用户成本降低的形式来评价功能改进的效果;采用能使增加成本带来的收益率最大的措施,来满足资金的限制和相关措施之间关系的约束条件。

2. 丹麦的 Danbro 系统

丹麦发展桥梁管理系统已有二十几年的历史,可以说是最早发展桥梁管理系统的国家之一,且其桥梁管理系统程序已迈入第三代。今天,丹麦所有的城镇、道路机构和世界的其他一些国家都在使用一种名为“Danbro”的桥梁管理系统。它对桥梁的安全检查程序是参照该国运输部公路桥梁部门提出的研究报告,而对桥梁的检测评估,则是参照该国 1994 年颁行的《既有桥梁分级指针》办理。该桥梁管理系统由以下几方面组成:首先是一系列的与桥梁相关的活动。包括桥梁的规划、设计、施工、检查、维护、整修和预算工作;其次是一整套的规范与规定,例如道路法规、设计、施工与维修规范等;然后是一系列的来源于以上各项活动,并存储在数据库里的各个数据;最后是一套用以核对数据的软件。

3. 日本的 MICHI 系统

日本建设省土木研究所于 1988 年第一次公布了桥梁检测手册,统一了全国桥梁的检查标准、检测周期、并制订了检测结果的标准处理事项等规定,且自 1990 年起随着个人计算机的普及,该国发展出了一套应用于个人计算机上的桥梁检测资料系统,称为 MICHI 系统,它首先将全国所有桥梁的检查结果均储存于该系统

的数据库中,再根据桥梁各种损伤形态、各构件健全度而评定其损害等级。依据 MICHI 的桥梁基本资料、检测资料与构件健全度资料,同时开发完成了以桥梁生命周期的修补管理为导向的桥梁管理系统,该系统系由桥梁健全度评估模块与桥梁修补计划模块所组成,桥梁健全度评估模块是利用桥梁构件的损伤等级来评估桥梁目前的健全度,而由健全度评估等级又可显示出各种损坏等级的桥梁位置、数量等,并可用来计算桥梁的标准劣化曲线,而此劣化曲线则可为提供桥梁修补计划模块所使用。桥梁修补计划模块则是综合劣化等级、桥梁重要性等级、财政经费等因素,,通过评估各修补计划的成本效益,进而编订修补计划优先级。

4.中国的 CBMS2002 系统

我国桥梁管理系统的开发研究工作起步虽然比较晚,但也有些学者对桥梁管理方面的问题进行了深入的研究,并建立了“中国公路桥梁管理系统”CBMS2002,它是集桥梁静态数据库、动态数据库、文档数据库和评价决策数据库以及模糊数学 AHP 综合评价、图像处理、图形服务、费用分析及旧桥加固智能推理为一体的桥梁综合管理系统。CBMS2002 系统采用树型结构,整个系统包括六个子系统,它们分别是数据管理子系统、统计查询子系统、评价决策子系统、费用分析子系统、维修计划子系统和地理信息子系统(GIS)。该系统以构件损伤模型为基础,通过检查、分析与试验相结合,建立一套实用性强的桥梁承载能力评价方法;研究结构的累积损伤、材料退化、钢筋锈蚀等与时间有关的因素对桥梁使用寿命的影响,建立桥梁状态预测模型;以此为基础研究不同时间维修、不同的维修方案对桥梁寿命与维修费用的影响,建立桥梁维修决策支持系统。

a.国外研究概况

二十多年来国外各国桥梁管理系统的相继建立,大大促进了桥梁管理系统的研究和发展。桥梁管理系统总体上的发展分为两个阶段:第一阶段是桥梁数据库管理系统,主要部分是一个庞大的

数据库系统,存储桥网内桥梁的各种数据,并提供查询、检索等基本服务,其功能和结构都很简单;第二阶段是在桥梁数据库管理系统的基础上增加了桥梁技术状况评价,中、长期需求预测及费用分析和优先排序,养护加固维修计划决策等功能,其结构日趋复杂,各种功能更能适合于辅助桥梁管理者作出决策。较典型的有:丹麦公路桥梁管理系统、日本道路公用桥梁管理系统和美国的 Pontis 系统。

b.国内情况

国内桥梁养护管理系统起步较晚,其研究始于上世纪八十年代中期。且由于我国各个省市桥梁发展情况的不同,往往由各个省市桥梁养护管理部门根据自己的需要来开发出满足各自具体需求的桥梁养护系统。四川省公路研究所、广东省公路研究所、交通部公路研究所和北京市公路管理局等单位在吸收国外开发经验的基础上,根据我国国情先后开发了四川省桥梁养护数据库系统、广东省桥梁管理系统,北京市公路桥梁管理系统等。(真正形成使用于 2000 年)。

台湾省在桥梁养护系统上已经累积了一些成果,从 1994 年开始,陆续有高速公路局、公路局、铁路局开发完成桥梁管理系统。这里主要介绍台湾省公路局桥梁管理系统和网际网络的桥梁管理雏形系统。由于台湾省公路局管辖桥梁数量众多、分布广泛,故利用计算机辅助桥梁管理,确实需要而且重要。因此自 1987 年起开始规划及开发桥梁管理系统,此系统分为基本资料、检测资料、统计分析、维修记录、维修成本估算、桥梁状况排序等六大模块,模块之间仍以数据库为运作核心。此外此系统引进地理信息系统技术,提供空间查询分析功能。

随着改革开放以来我国经济的快速发展,沿海地区和内陆地区水平差距逐渐扩大,更需要有完善的交通设施物流运输,从而让沿海发达地区的经济带动相对落后的内陆地区经济的发展。而随着经济、科技的发展,建筑材料、施工机械也越来越先进,我国的道

路桥梁正处于全面发展的时期。我国目前的桥梁建造以悬索桥、斜拉桥以及拱桥为主。拱桥作为我国独特的传统代表性桥梁,已有上百年的历史,其设计充满艺术性,在园林造景中显现得尤为突出。现代大型桥梁以悬索桥和斜拉桥为代表,20世纪80年代末,我国突破性地建成了南浦大桥,这标志着我国在现代桥梁的建造已达到世界级水平,也奠定了我国桥梁建设飞跃发展的基石。1999年江阴长江大桥建成并投入使用,这是我国第一、世界第四大桥,作为我国第一座超1000米的悬索桥,它标志着我国在桥梁建造水平上至了世界第六;2009年重庆朝天门大桥建成通车,成为“世界第一大拱桥”,主跨长达552米;2008年建成启用的杭州湾大桥,成为我国最长、世界第三长的跨海大桥,这些足以说明我国的桥梁建设水平已然达到了一定的高度。我国公路桥梁到2010年底共有65.81万座,其中特大桥2051座,大桥49489座,在跨径前10位的世界各类桥型中,斜拉桥我国占了6座,悬索桥我国内地占了2座。这样的数据证明了我国道路桥梁的发展是令人骄傲的。随着国力的增强,我国桥梁建筑频率以及桥梁规模都已达到国际顶尖水平,预示着我国正处于桥梁建设蒸蒸日上的高潮阶段。然而建设速度的加快也带来了一系列的问题,比如为了赶进度和赶工期或者为了追求国内第一甚至世界第一,在设计时考虑不周全,设计极限化而没有特色,由于设计周期短而仓促粗放地进行设计,致使有创意、有特点的设计少。总体而言,我国现阶段桥梁设计理论以及结构构造体系依然有待完善,另外在施工方面以及使用期限的安全性上都有值得改进的地方。另外,我国桥梁仍有很多是仿造别国而来,并且近年来桥梁倒塌等事件屡见不鲜,这与我国公路桥梁的技术创新、养护管理、设计施工和质量监督等一系列的因素是分不开的。建设方在招标的时候过度追求利益、对质量不够重视、不按照建设程序、设计周期过短、技术达不到标准、腐败现象严重、施工中偷工减料、使用不合格材料等,这些都是出现质量问题的主要原因。要让中国的桥梁发展得更好,需要明确规范,加强管理和监督。

第二章 城市桥梁管理策略规划技术探索

第一节 桥梁管理策略规划的背景与发展分析

随着我国城镇一体化进程的加快发展,城镇边界逐渐模糊,城市道路桥梁系统相互统一,相互交织,城市道路桥梁的规划是其重要的组成部分。

一、城市道路桥梁是城市交通的咽喉,道路桥梁的建设和城市发展相辅相成,由于统筹城镇发展区域独有的交通特征,无论是传统的道路桥梁规划方法还是城市道路桥梁规划方法都对城镇一体化发展有着重要的影响,城镇一体化背景下的城市道路桥梁规划特点也逐渐完善,现在就城镇一体化背景下的城市道路桥梁规划特点进行简单的分析。

(一)研究背景

城镇一体化是随着生产力的发展而促进城乡居民生产方式、生活方式和居住方式变化的过程,使城乡人口、技术、资本、资源等要素相互融合,互为资源,互为市场,互相服务,逐步达到城乡之间在经济、社会、文化、生态上协调发展的过程。城镇一体化,是一项重大而深刻的社会变革。不仅是思想观念的更新,也是政策措施的变化;不仅是发展思路和增长方式的转变,也是产业布局和利益关系的调整;不仅是体制和机制的创新,也是领导方式和工作方法的改进。

随着我国城市化进程的加快,城镇空间结构的整合不断加强,其土地开发的强度、用地功能的置换和布局调整使城镇交通的需求和时空分布特征发生了很大的变化,由此导致了原有道路桥梁