

交通科技译丛
Translations of Transportation
Science & Technology

WILEY



BRIDGE MANAGEMENT

桥梁管理

BOJIDAR YANEV 著

孙利民 陈 斌 叶肖伟 译



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

交通科技译丛

桥梁管理

BRIDGE MANAGEMENT

BOJIDAR YANEV 著

孙利民 陈 斌 叶肖伟 译



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

图书在版编目(CIP)数据

桥梁管理 / (美) 波耶达·雅奈夫 (Bojidar Yanev)
著; 孙利民, 陈斌, 叶肖伟译. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2016. 10
ISBN 978-7-114-13411-1

I. ①桥… II. ①波… ②孙… ③陈… ④叶… III.
①桥—保养—研究 IV. ①U445.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 246556 号

Title: Bridge Management by Bojidar Yanev, ISBN: 978-0-471-69162-4
Copyright © 2007 by John Wiley & Sons, Inc.

All Rights Reserved. This translation published under license. Authorized translation from the English language edition, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

著作权合同登记号 图字:01-2016-8094

交通科技译丛

书 名: 桥梁管理

著 作 者: Bojidar Yanev

译 者: 孙利民 陈 斌 叶肖伟

责任编辑: 卢俊丽 李 喆

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 29.25

字 数: 700 千

版 次: 2016 年 10 月 第 1 版

印 次: 2016 年 10 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13411-1

定 价: 180.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

内 容 提 要

桥梁管理既涉及技术,又牵涉管理,是一门多学科融合的综合艺术。世界桥梁界有许多工程技术和科研人员出版过桥梁管理类的书籍,但大部分著作局限于论述技术问题。而这本《桥梁管理》可以说是仅有的将工程、管理、经济和哲学有机整合在一起的专著。本书汇聚了原著作者 30 年的桥梁咨询、管理经验,不仅论述了工程与管理之关系,还基于网络和系统工程学的概念提出了对桥梁管理的需求——结构到系统的概念,也即失效、易损性和失效概率;描述了各类评估和桥梁管理支持系统;最后将系统概念应用到结构层面。本书还包含了作者亲历的众多工程案例,诸多美国现行的桥梁管理规章、制度和方法。

本书可作为政府职能部门、养护公司、咨询公司、科研单位等的桥梁管理人员、技术人员的参考书籍,也可作为高等院校土木、交通运输、市政工程和工程管理等专业本科生和研究生的选修课参考书。

译者序

近30年来,中国经历了基础设施建设的高峰期,国家高速公路网从无到有,总里程已达到12万公里,各类桥梁的总数达70多万座,数量已超过美国,居世界之首,而且80%以上是近30年内建成的。已建成桥梁运营期的维护管理工作变得日益重要和繁重,运营中因设计缺陷、施工质量不良、养护不到位、超载超负荷使用等原因带来的各类桥梁损伤甚至垮桥事故多有发生。作为发达国家的美国,大型近代桥梁的历史已过百年,其国土面积大,高速及普通公路网发达,公路桥梁数量众多,经历了桥梁建设高峰、繁重运营、各类事故频发之后,在桥梁管理养护方面积累了丰富的经验,形成了先进理念和较为成熟的桥梁结构信息管理、维护决策及养护技术。这些对我国的桥梁管理具有非常有意义的借鉴作用。

本书原著者 Bojidar Yanev 博士是美国纽约市交通局桥梁管理部门的技术主管,长年负责桥梁养护管理工作,同时任哥伦比亚大学兼职教授,从事桥梁养护相关的专业教育与人才培养。译者之一的同济大学孙利民教授于2000年与其在北京清华大学主办的一次研讨会上相识,后经当时在美国纽约市交通局工作的桥梁结构工程师陈晓明博士的推动,Bojidar Yanev 博士于2002年访问了上海同济大学,进行了为期两天的讲座,向上海地区的桥梁管养研究人员和工程师介绍了其工作,得到好评。2007年出版了英文专著《Bridge Management》,汇集了桥梁养护管理的最新成果和工程实践。Bojidar Yanev 博士也十分希望他的研究成果和工程实践经验能有益于中国的桥梁养护管理,在陈晓明博士的建议下,孙利民教授应允了该书中文版的翻译工作。后续,杭州市城市管理委员会市政监管中心的陈斌博士和浙江大学的叶肖伟副教授加入了翻译工作。这两位译者在桥梁养护管理方面均有一定的研究和较为丰富的经验,他们的加入大大推进了本书的翻译出版进程。

原著内容涉猎广泛,包含了原著者在哲学、艺术层次的思考,理论和技术研发,工程实践案例,对相关规范、标准的应用与解释等。译者因个人的知识和经验所限,在翻译过程中感觉难度很大,加之其他客观原因,书的翻译工作延续了数年。参加翻译、图表整理及校核工作的除了以上提及的人员之外,还有同济大学桥梁工程系教师孙智研究员、淡丹辉教授、张启伟教授、黄洪葳副研究员、张立业博士、陈林博士、常军博士及伍海山、于刚、闵志华、张枢文、谢发祥、周毅等多位研究生,美国的陈晓明博士对书中的难解之处给予了背景解释和帮助,在此对各位的辛勤付出深表谢意。

译者希望,本书的中译版能为国内从事桥梁结构养护管理工作的科研和技术人员,特别是一线的桥梁管养工程师提供参考。

译者

2016年11月于上海/杭州

— III —

中文版前言

作为该领域发展“最前沿”的专著,英文版《桥梁管理》于2007年出版。作者一直在该领域从事相关教学和研究工作,几乎每天都经受着由于桥梁管理上的欠缺而引来的谴责。作者对“即时失效”理论的坚持是为了明确地区分信息资料管理和桥梁管理的不同。信息资料管理随着时间的推移逐渐过时,而桥梁管理却逐渐走向成熟。为了说明这两个领域的关联性,本书从传统的处理方法出发审视当今的问题及其解决方案后,提出了桥梁管理理论。

现在,中国读者可以首次评价《桥梁管理》一书的形式和内容是否符合他们的兴趣。中国读者的观点非常重要,因为近年来,桥梁发展的重心已逐渐转移到中国。中国已建、在建或正在设计大量新颖的、创新的或创世界纪录的桥梁,令世人惊叹。重大桥梁工程建设数量的大幅度增加,对建后提供优质服务的桥梁管理工作提出挑战。

从桥梁建设的先驱者那里可以获得非常有用的经验。早期的事故案例出现在中国,近代的案例在世界范围内随处可见,但均与它们管理的失败密切相关。在美国,现代桥梁管理始于1967年12月15日坐落在波因特普莱森特的跨越俄亥俄河的银桥的倒塌事故。该事故造成46人丧生,并引发政治风波,最终制定了国家桥梁法规,即决定对公路桥梁进行两年一次检测的强制性法令,并开发出计算机辅助的管理系统。然而这些措施并没能避免2007年8月1日位于I35号州际高速公路上的明尼阿波利斯的跨越密西西比河的桥梁的倒塌。此次事故造成13人丧生,100多人受伤。公众对这两次事故的反响基本一样,除了不可避免地要求对事故原因进行法庭调查外,还提出对于受到广泛关注的基础设施需要政府拨款资助的提议。全美国61万座桥梁中约有30%“具有结构性缺陷”这一事实再次引起了人们的关注。人们开始再次反思与倒塌桥梁结构类似的其他桥梁结构进行的检测过程和对整个桥梁生命周期管理的技术决策的合理性。不幸的是,四年后,因预算问题受到公众质疑,增加基础设施管理经费的要求再次失去民意支持。

然而,这两次桥梁事故之间也有很明显的不同。1967年,全国范围的桥梁状况,甚至桥梁数目尚不为人所知,而2007年,与事故桥梁结构相似的其他桥梁的具体位置当天就能被确定,并在一周之内就可提出相应的安全保障措施。如果说桥梁管理的首要任务是桥梁信息管理,则它是可行的,而真正的管理应是决策执行的管理,这一直是一个尚无结论的问题。

每一种优化都必须协调目标和条件之间的矛盾。桥梁管理也在不同层次上遇到了这种矛盾。一旦正确地认识了这些矛盾,它们就成了必须解决的问题,但如果这些矛盾被掩盖,它们就会变成绊脚石。因此,如同资产管理过程一样,详细描述一些更重要的典型案例是有帮助的。

工程结构和社会需求

工程技术的目标是建造最佳且高效的结构物。公众最关心的则是以最低的成本满足最大的交通需求量。

即时成本和全寿命期成本

即时成本或初期成本最小化很有可能导致全寿命期成本增加。然而,即使已证明如此,即时成本仍不可避免地受到高度重视。

质量和安全

追求质量目标和安全目标之间应该本不存在什么矛盾。然而,在实际工程中,追求这两个目标所需的方法却是截然不同的。质量是一个确定的宏观概念,基于一个目标和一些规范性条款而建立。安全则是一个概率变量,它可通过各种模型和假设进行量化并需与成本和效益相互协调。当主要关心的是安全而非质量时,如书中案例所述,交通资产管理的趋向会由交通事故的灾难程度来决定。然而,描述质量的另一种方法是对灾害进行经济易损性分析。建成的桥梁可能无法满足交通需求,也可能吸引了大量的交通流量,证明其初期投资的正确性。

自上而下和自下而上的管理方式

解决桥梁管理中的问题必须协调整体(或网络层次)和局部(或项目层次)的管理观念或方法。整体观念趋向于采用统计的方法,而局部观念常采用确定性的方法。二者各有其优缺点,在各层次上采用和借鉴最先进的工程技术与经验可使二者有效地互补。总而言之,当实际工程需要从不同角度进行综合考虑时,应避免只倾向于某一种方法。

桥梁管理及其他层次的管理

桥梁管理者在履行其职责时,不可避免地要与财务人员、政府官员和其他职能部门管理者打交道,桥梁管理者经常站在政府职能部门的角度来确定需求和分配资源。在这些关键的互动过程中,工程师可以提供决策支持,也可主动参与决策。这两种方式所涉及的行为对技术的需求在总体上来说是不同的,因而形成了不同的专业职业。在决策过程中,工程师的作用是基础设施建设过程的管理,最终决定桥梁是由他们自己进行设计,还是根据建筑师、经济师、政府部门和其他社会专业团体的需求,只做施工和维护。

全书所用的专业术语比较有限,并尽可能使这些专业术语相互关联,以尽量避免出现模糊的技术术语。因此必须区分桥梁状态评估(如状态等级)和定量检测。同样,作者试图将结构构件内部冗余与结构冗余联系在一起以表示结构构件冗余的延性。在《桥梁管理》一书中相对较新且常用的专业术语主要有以下几条:

鲁棒性

主要强调结构承受损坏的能力,包括结构的冗余度、构件的延性和其他有助于提高结构可靠性的性能。

可恢复性

在变化的外部荷载环境条件下,恢复结构原有性能的特性。

以上两个术语都可用于项目和网络层次的评估。

桥梁养护

联邦高速公路管理局(FHWA)调研了桥梁的预防性养护和纠错性维修措施,其目的是找出最有效的维护方案,供推荐使用和预算申报参考。

长期桥梁健康监测项目

联邦高速公路管理局(FHWA)正在实施长期桥梁健康监测项目,该项目对不同地域的各

种桥梁性能进行长期监测,并将实测性能与现行设计规范预期性能进行比对。

相关领域,特别是材料测试与应用以及非破坏测试和评估领域的最新研究进展常见著报道。然而,一本桥梁管理书籍不应只是对相关新技术的概述,本书一种值得尝试的利用方法是,学生和工程技术人员可根据自己的知识结构,通过审阅本书中案例 28 来拓展对新的非破坏测试与评估方法的了解。

桥梁养护与健康监测技术的结合也进展迅速。结构监测的原本目的是发现和排除结构的潜在损伤,最新的监测技术被越来越多地采用,来提升结构全寿命期性能。远程监控设备,如动态称重系统、除湿和防冰装置等大量安装于大型和重要的桥梁,所获得的信息将有助于桥梁业主优化新桥项目的设计。除湿技术已成为悬索桥锚碇和拉索的标准配置,数字和红外摄影技术也被用来采集各种数据。本书中译版对案例 24 进行了修改,以反映上述技术的阶段性研究成果。

在本书 2007 年版本的第 10.4.5 节中,作者曾提到“桥梁早期状态的分级需要被新一代更精细方法取代”,实际上,相关研发工作一直在进展当中。2010 年,美国国家公路与交通运输协会(AASHTO)编制了新的桥梁构件检测手册,该手册将桥梁构件状态划分为四个等级,以便进行定量而非定性的评估。2012 年,美国联邦高速公路局(FHWA)颁布了《桥梁检测人员参考手册》,其中采用了美国国家公路与交通运输协会(AASHTO)的四级分级方法。根据这一新颁布的手册,桥梁检测工程师必须对每跨桥梁中观测到的构件状态进行定量评级,而不是仅对桥跨进行总体定性评级。2016 年,纽约市也将其桥梁评级方法由传统的七级改为 AASHTO 所建议的四级。然而,这一评级方法的改进伴随着新的挑战,评估状态必须折算为统计数据,以便用来确定养护优先顺序和预测将来的养护需求。当然,为大家所熟悉的整桥状态和适用性评估分级仍然是有意义的。在国家桥梁档案库(NBI)中,也可以采用以桥跨性能替代全桥性能的表达方式,但目前采用新方式的州并不多。2015 年 7 月,联邦高速公路管理局(FHWA)颁布了期待已久的国家隧道档案库规范(FHWA-HIF-15-006)以及隧道运营、养护、检测及评估手册(TOMEI, FHWA-HIF-15-005)。该档案中已包括了全国 20 万座隧道的信息,相关的预算也将根据国会决议配置。将来,国家桥梁档案库(NBI)还计划收录 25 万座铁路桥梁的信息。

通过上述事例,作者意在表明,桥梁管理问题涉及社会和工程技术等多个领域,在不同地域、不同时间,这些问题的解决不能仅凭一种方式。本书的目的是探讨影响工程师在桥梁管理中角色和作用定位的一时性和永久性因素。在过去的许多世纪,基于工程和哲学原理构筑的坚实框架,技术和管理形成了具有活力的上层建筑。桥梁管理的主要任务就是在效应和效率两者之间取得平衡,在某些领域,这种平衡每天甚至每分钟都需维持。桥梁一经建成,就永久性地改变了地理环境,他的服役功能也不是一时性的,必须以全寿命周期来考虑。作为纽约市交通部桥梁检测和管理部门的创立者,作者的观点显然会受到长期个人经验的影响。然而,无论历史学派还是当代学派都认为,世上的管理和工程技术就是寻求尽可能的相互平衡。

作者的诸多重要经历中,当然也包括2001年对北京清华大学和2002年(2010年再次)对上海同济大学的访问。很荣幸,该书出版后受到中国同仁们的关注,作者也希望此书能成为一级进身之阶,服务于中国同行们在该领域的不断发展。作者特别感谢上海同济大学桥梁工程系主任孙利民教授对本书的兴趣并组织了该书的翻译。特别感谢陈晓明博士参与了相关技术交流的重要阶段,并亲自引荐作者结缘于杰出的清华大学土木工程系和同济大学桥梁系。

Bojidar Yanev

2016年10月于纽约市

前言

“通常,有识者和无识者之间的区别在于前者懂得如何传授知识。因此,我们认为相对于经验,艺术是更真实的知识。艺术家懂得传授知识,而仅有经验的人却不懂。”

亚里士多德,形而上学(第1卷,981b,1941)

亚里士多德认为,人类在获得知识之后,会进入一种与当初探究知识时相反的状态(形而上学,983a)。在亚里士多德的预言过去了24个世纪的今天,艺术源于那些个人主义的为数不多的天才,而经验则被人和机器研究和复制。相对于并不那么功利的教育而言,培训由于能带来切实的利益而受到追崇。因而,对桥梁管理方法培训的需求超过了桥梁管理的实践。对初学者来说,学习桥梁管理有点勉为其难,而桥梁专家则认为无需学习。诸多优秀文献给出了结构分析、设计、施工、维护、运营、检测、修复、经济学、计算机科学以及信息理论等方面的基本知识。各种会议论文集、政府机构的指令、国家合作公路研究计划(National Cooperative Highway Research Program, NCHRP)、手册、指南、期刊以及互联网报道了桥梁管理的最新进展。

经济合作与发展组织(1992,第17页)对桥梁管理的定义如下:

“桥梁管理是指确保桥梁安全性和功能性的所有活动。一个有效的桥梁管理体制,必须支持公路和桥梁管理部门的组建及其管理和技术职责……尤为重要的是,必须保证具有足够数量的、有资格的、训练有素的且对自己的责任和义务非常明确的人力资源。管理人员必须清楚他们在不同管理过程中所扮演的角色。”

上文中的体制就是指为各部门和专业人员而开发的桥梁管理支持系统。支持桥梁管理系统的足够数量的、有资格的、训练有素的人力资源必须得到保证,但这并不是政府部门的强制性要求。有远见的战略家没有具体项目知识,而实干的管理者则缺少统盘全局的视野。一本书不可能涵盖全部,甚至在出版前就有过时或多余的风险。对具体问题的严格处理并不能把握问题的全部,而一般性的叙述则又有可能变得过于宽泛和散漫。

一些值得关注的例子包括哈德森编著的一些书籍,如国家合作公路研究计划报告300(1987)和哈德森等人1997年的著作(后者是在本书即将完成时由哈德森亲自提供给本书作者的)。国家合作公路研究计划报告300(1987)将桥梁管理系统的目的描述为:桥梁管理系统应该能帮助决策者在有限的资金条件下选择最经济的方案来实现桥梁的预期服役目标,同时应能预测将来的资金需求……桥梁管理系统将给交通部门各级官员、工程师和管理者们带来好处。

下列领域中对称职的行政管理、工程和管理的需求正在不断提升:

- 由采用不同技术建造的服役期0~150年的结构和设施组成的大型基础设施网络。
- 依赖于交通基础设施的动态的全球经济。

- 与桥梁管理相关的所有领域快速发展的能力,包括分析、施工、数据采集和处理。

基础设施性能测定与改善委员会(国家研究委员会,1995)实行了一个为期三年的联邦基础设施战略研究课题,其成果总结中描述道(第19页):

“随着基于计算机的预测和模拟方法以及系统状态测量和监测新技术的功能日益强大和成本效益改善,大量高端的系统性能评估方法得以实现。远程传感、实时监测、网络分析以及仿真模型为系统范围的状态测量和系统变化评估提供了强大的新功能。这些工具将支持更有意义的跨辖区多模式合作。尽管如此,基础设施的性能测量和管理仍然困难重重。”

1950年,爱因斯坦预测了如下风险:手段的完美和目标的混乱好像是我们这个时代的特征。在技术进步和社会变革的影响下,专业技术及其产品都需要精心维护。专家们努力掌握最新信息和技术,而各专业之间也都为获得管理职责而不断竞争。为使其成为一门学科,管理往往要加速其结构化进程,以便能发挥长期效能。大卫·布鲁克斯认为(纽约时报,2004年7月20日,专栏,第A19页,第1栏):许多大学已成为专业信息传播的场所。在学术教育和市场需求的动态交换中,存在着知识过时的风险以及盲目创新的危害。申克(1997,第91页)认为:专家意见的激增实际上已经导致了专业技术的混乱。

人们将桥梁管理分为自上而下和自下而上两类避免混乱。在过去,管理者们都出身于工程师、建筑工人或者工匠,并且受过设计、施工或者相关行业(包括军事)的教育和训练。随着近年来统计学、概率论、定量分析、系统设计、无损检测、数据处理以及软件设计等方面的进展,工程师逐渐由行政人员向决策支持和实施人员转变。同时,经济学、企业管理、行政学、法律、建筑学、城市规划以及政治都一如既往地采用自上而下的决策过程。资产管理的核心领域受到了桥梁管理自上而下各级管理人员的特别关注。

由于通过搜索电子资料可以获取所有信息(实时信息除外),同时工程师和管理者们应该有途径解决他们自己的问题,因此,本书不再赘述。本书更适合作为现场相关工作及常见问题的行为指南。为了避免内容过于陈旧,本书由部分交叉的三块内容组成:一般论述、描述相关内容出处的附录以及案例说明。参考文献包括古代的、现代的以及最新的文献,这就提醒人们该学科既是即时的又是永恒的。作者鼓励读者直接与原文献作者联系。

分析从设计到施工及有形资产管理环节中获得进步。工程实践则遵循了另外的路径:管理提供服务、建造商建造设施、设计者给出复杂功能的形式。因此,桥梁管理学科应该是可及的、可实施的,由各种内容组成、服务于不同的目的以及不同背景的人。桥梁管理具有循环性,加之对于重要的结构安全问题的描述难免见长,因此,书中内容的重复表述可能会影响读者的阅读兴趣,这点还有待大家的评判。

致 谢

作者能够完成此书,很大程度上归功于在哥伦比亚大学 30 年的求学、研究和执教期间所受到的教育及得到的各方建议,也归功于在加州大学伯克利分校为期 2 年的博士后研究工作,同样归功于在纽约市的工程顾问公司为期 10 年的实践工作,还归功于作者在自己主持创建的纽约市交通局桥梁检测和管理办公室的 18 年工作经历(其中一些工作是同时进行的)。个人经历增强了作者对桥梁管理领域内人才和知识的赏识能力,对此,作者在文中进行了引用或阐述。对美国、欧洲、日本、中国大陆、中国台湾、韩国、印度尼西亚和澳大利亚等地诸多同仁的访问使作者的视野超越了地域限制(虽然各地的关注点不尽相同)。John Wiley & Sons 公司的 R. Ratay 和 J. Harper 的鼓励使本书得以最终出版。

目 录

前言.....	XV
致谢.....	XVII

导论 工程与管理

第1章 工程与管理:动态的平衡	3
1.1 资产、活动、静力和动态	3
1.2 艺术、科学、经验主义和抽象主义	4
1.3 工程师作为管理者.....	10
案例1 纽约城市桥梁历史	12
案例2 纽约市乔治·华盛顿大桥	18
1.4 工程师与管理者.....	19
1.5 需求与供给.....	26
案例3 纽约市威廉斯堡大桥	29
1.6 知识与信息.....	37
1.7 收益与成本.....	39
1.8 理论和应用中的确定、不确定和信念	40
1.9 模糊、未知和随机	43
1.10 客观与主观以及定性与定量	44
1.11 能力与资质	46
案例4 政府再造工程	48

第一部分 需求:从结构到系统

第2章 目标、限制条件、需求和优先顺序	53
2.1 效用最大化.....	53
2.2 目标最优化.....	55
2.3 优化行为.....	57
案例5 高层网络管理人员的观点	57
2.4 风险最小化.....	60
第3章 失效	62
案例6 银桥,波恩特普雷森特	63

3.1	理解和避免	64
3.2	灾难性事故	65
3.3	部分失效、准失效和超安全设计	66
案例 7	出故障的连接件	68
3.4	成因	71
3.5	组合效应及偶然性	72
3.6	教训	73
第 4 章	产品和过程的易损性	76
4.1	管理	82
案例 8	城市环境桥梁管理机构的合同授予程序	83
案例 9	基于状态评级的费用估算	87
案例 10	现值贴现	99
案例 11	$i=0$ 和 $i=6\%$ 的全寿命策略	103
案例 12	平均和最小状态评级	108
4.2	分析和设计	117
案例 13	初应力和次应力	124
案例 14	根据数据库优化桥梁地震易损性	141
案例 15	高温导致的极限应变	146
4.3	设计和施工	148
案例 16	桥面板底部剥落	153
4.4	维护(11.4 节)	167
4.5	检测(14.5 节)	167
4.6	运营	170
4.7	易损性预测	171
第 5 章	失效概率	172
5.1	风险评估	172
5.2	结构可靠度	173
案例 17	状态等级的变化率	175
5.3	网络可靠度	183
5.4	过程可靠度	184
5.5	再分析	184

第二部分 评估:桥梁管理支持系统

第 6 章	系统和结构	189
第 7 章	数据管理	194
第 8 章	清单档案	198
8.1	基本参数	199

8.2	桥梁种类	199
8.3	部件、单元和构件	200
第9章	评估:状态、需求和资源	202
案例 18	基于状态等级的桥梁管理平衡	203
9.1	专业技术对信息的提供与需求	206
9.2	需求/反应方案	207
9.3	数量/质量和确定性/不确定性	208
9.4	随时间的变化	208
9.5	尺寸、复杂性和重要性	209
第10章	结构状况	210
10.1	适用性	210
10.2	结构的易损性	212
10.3	潜在危险	213
10.4	结构状态评估	215
案例 19	伸缩缝检查表	217
案例 20	桥梁线性平均退化	221
案例 21	基于线性退化模型的全寿命周期策略对比	223
案例 22	典型的退化路径	224
10.5	荷载评定	229
10.6	诊断	231
10.7	小结	233
第11章	需求	234
11.1	服务的质量和数量	236
11.2	防灾减灾	239
11.3	修复和重建	240
11.4	维护和修理	241
案例 23	NYC DOT 推荐的预防性维护(PM)	246
案例 24	作为维护函数的桥梁退化率	248
11.5	经济评估	263
第12章	制定决策	268
12.1	策略规划/资产管理	270
12.2	优化	272
12.3	实施	273

第三部分 实施:从系统到结构

第13章	任务和运营	279
13.1	管理	279

13.2	质量保证、质量控制和方案论证	280
13.3	职责、责任和义务	281
13.4	设计/施工	282
13.5	维护和维修	285
第 14 章	结构检测和评估	287
14.1	美国桥梁检测标准(NBIS)	287
14.2	需要重点关注的细节	288
14.3	检测类型	294
案例 25	布鲁克林桥在环境激励和人工激励下的动力响应监测	304
14.4	人员	308
案例 26	标准检测设备	309
14.5	检测的可靠性和质量(QC&QA)	313
案例 27	桥梁检测过程	314
第 15 章	新技术和桥梁管理系统	319
15.1	无损检测和评估	319
15.2	结构健康监测	325
案例 28	无损检测和评估的需要和功能	327
15.3	专家系统	330
15.4	智能交通系统	330
15.5	桥梁管理系统的管理	331
第 16 章	结论	333
参考文献		335
附录		356
附录 1	《副主祭的杰作或奇妙的单马车》—Oliver Wendell holmes (1895,第 158 页)	356
附录 2	Bayesian 的统计决策理论和基于可靠性的设计	358
附录 3	“机器赢了这场战争。”I. ASIMOV(1990)	359
附录 4	条件概率	359
附录 5	不确定性	360
附录 6	定量管理技术	361
附录 7	结构可靠性	362
附录 8	优化	364
附录 9	概率	365
附录 10	塑性框架分析的上下边界理论	367
附录 11	美国桥梁清单的发展历程(NBI)	368
附录 12	初始成本	369

附录 13	网络层次和项目层次桥梁管理	369
附录 14	美国国家桥梁清单(NBI)及提出的 NBI 规范	370
附录 15	资产管理的分析工具	373
附录 16	桥梁管理系统(BMS)	374
附录 17	考虑冗余的桥梁可靠性	378
附录 18	数据整合	380
附录 19	私有化	383
附录 20	州际公路招标程序管理	384
附录 21	担保、多参数投标和最大效益承包	385
附录 22	紧急情况管理	386
附录 23	交通投资和经济效益之间的联系	387
附录 24	系统开发	389
附录 25	荷载组合和极限状态	389
附录 26	结构稳定性	391
案例 EA26	轴向荷载作用下的侧向刚度	399
附录 27	组合作用下的有效板宽	399
附录 28	活载分布系数	400
附录 29	上部结构变形	401
附录 30	AASHTO 活载设计	401
附录 31	冲击系数	402
附录 32	桥梁和其他公路结构的地震设计准则	403
附录 33	地震易损性的排序	404
附录 34	桥梁生命周期成本分析(BLCCA)	408
附录 35	Hambly 悖论	409
附录 36	优化模型	410
附录 37	数值优化	410
附录 38	灾难性结构故障的生命周期成本最小化	412
附录 39	决策性能指标的一般分类	413
附录 40	状态评定系统	414
附录 41	桥梁状态评定	420
附录 42	专家系统(ESs)和人工智能(AI)	424
附录 43	模拟退火算法(SA)和遗传算法(GAs)	425
附录 44	状态退化模型	426
附录 45	AASHTO 荷载评定	430
附录 46	标识	434
案例 EA46	标识预测(NYC DOT)	435
附录 47	桥梁管理专家系统	439