



桥梁设计方法与过程系列丛书
BRIDGE DESIGN METHODS AND PROCESSES

基于给定结构寿命的桥梁设计过程

Design Processes of Bridges Based on Given Structural Life

陈艾荣 著



人民交通出版社
China Communications Press

国家高技术研究发展计划

西部交通建设科技项目

联合资助

桥梁设计与过程系列丛书

基于给定结构寿命的 桥梁设计过程

人民交通出版社

内 容 提 要

工程全寿命方法在设计过程中体现为给定结构寿命的桥梁设计。本书介绍了基于给定结构寿命的桥梁设计过程。首先介绍了桥梁寿命周期理论及设计内容;然后介绍了给定寿命设计的五个基本设计过程,包括桥梁及典型构件的寿命给定策略和方法、桥梁造型设计过程和质量评价方法、桥梁性能设计内容和方法、桥梁工程可持续性原理和生态设计、桥梁管养策略及其设计过程;最后介绍了在设计过程中需要使用的两个决策方法,即寿命周期成本分析决策和风险决策方法。为帮助读者理解要点概念和过程,本书附有许多示例和图表。

本书是作者及其带领的研究团队经过五年多的研究成果,综合了多名博士和硕士生的论文研究成果,可供桥梁设计人员和大专院校有关师生及相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基于给定结构寿命的桥梁设计过程/陈艾荣著. —北京:
人民交通出版社, 2009. 3

ISBN 978-7-114-07603-9

I. 基… II. 陈… III. 桥梁工程—设计—研究 IV.
U442.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 017600 号

桥梁设计方法与过程系列丛书

书 名: 基于给定结构寿命的桥梁设计过程

著 作 者: 陈艾荣

责任编辑: 沈鸿雁 黎小东

出版发行: 人民交通出版社

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)59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京密东印刷有限公司

开 本: 787 × 960 1/16

印 张: 17

字 数: 300 千

版 次: 2009 年 3 月 第 1 版

印 次: 2009 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07603-9

定 价: 40.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



前 言

20 世纪 90 年代后期,欧美等发达国家在二战结束后大量修建的基础设施在使用了四十余年后,逐渐进入了养护维修的高峰期。除了数额惊人的维护经费让政府难以负担以外,养护维修工作对交通正常运营的影响更是造成了巨额间接损失,也使管理部门承担了巨大的舆论压力。这一问题在桥梁工程领域中尤其严重,迅速引起了桥梁工程领域的重视,并从设计、养护、检测、维修等多方面开展了研究工作。

起初,基于传统的研究思路和现有的大量研究成果,材料和结构的耐久性问题迅速成为研究热点;然而,这种完全从工程技术角度出发的思路似乎不能对面临的问题给出直接的、足够令人满意的答案。除了解释桥梁结构退化与损伤的原因外,并不能直接对缓解管养压力等问题给出可以实施的答案。

与此同时,从解决维护资金缺口的问题出发,一些学者也提出了通过融合既有管养数据、结构退化特性、维护工作效力等研究成果,结合经济学成本管理的基本原理,对长期管养计划进行科学规划和优化的研究思路。这一思路充分融合了工程技术、经济学、管理学的原理和方法,得到的成果对管养工作具有现实的指导意义,很快得到了工程界和研究领域的重视和认可。和以往的研究思路项目不同,该研究思路的突出特点是拓展了研究和决策过程所关注的时间域:从以往重点关注桥梁施工完成状态拓展到规划、设计、施工、管养等结构整个生命周期过程,国际上称之为 Life-Cycle Engineering Theory (工程寿命周



期理论)。

2000 年左右,在芬兰的 Sarja、美国的 Frangopol、日本的 Furuta 等一批国际知名专家的推动下,工程寿命周期相关研究迅速发展,可靠性分析(可靠度方法)、材料和结构的耐久性等被工程领域长期关注的研究课题都迅速融合到这一主题中。工程寿命周期迅速成为研究热点,并逐渐得到应用。2000 年首次以工程寿命周期研究为主题的国际研讨会(International Workshop on Life-Cycle Cost Analysis and Design of Civil Infrastructure System)在美国夏威夷火奴鲁鲁召开。此后这个系列的研讨会先后在日本(2001)、瑞士(2002)、塞尔维亚(2003)、美国(2005)、韩国(2006)召开。在 2006 年韩国会议中,国际工程寿命周期协会(International Association for Life-Cycle Engineering)正式成立,并于 2008 年在意大利召开了首次国际会议(First International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering)。

在此期间,工程寿命周期研究取得的一些成果也相继在各国得到应用。以美国为例,美国国家公路联合研究计划(National Cooperative Highway Research Program)资助的第 12-43 号研究“桥梁全寿命造价分析”(Bridge Life-Cycle Cost Analysis)在 2003 年结题,并形成 NCHRP Report 483,这也是美国在桥梁全寿命造价研究方面一个比较全面和系统的研究,并给出了一个可供应用的全寿命成本分析方法和详尽的研究示例。此外,美国也有几个指南和法律明确将全寿命管理和维护的要求写了进去:ISTEA(*Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991*)中第 1024 和 1025 节要求“在桥梁、隧道、道路设计和施工中考虑全寿命费用”;《联邦基础设施投资指南》(*Principles of Federal Infrastructure Investment*)中第 12893 条规定“基础设施的投资应用全寿命方法来衡量”。483 报告的发布也预示着全寿命方法在美国正在进入系统应用的阶段。



由于国情和发展阶段的不同,工程寿命周期方法在我国和欧美各国的发展历程不尽相同。20 世纪最后十年,我国公路建设进入高峰期,大量的公路桥梁相继建设,并投入运营。但是 2000 年左右,在 20 世纪 90 年代初建成使用的一些桥梁,在运营了仅十年左右出现了严重的耐久性问题,并且有系统性爆发的趋势。国内对此问题开展了热烈的讨论,受到国际上寿命周期研究的启发,桥梁工程寿命周期的概念迅速在国内工程界得到广泛讨论。但是,与欧美处于管养高峰期的实际情况不同,国内桥梁工程仍处于大建设阶段,研究的重点应是建立桥梁寿命周期基础理论及其在桥梁工程设计应用的总体过程;而与国外重点关注全寿命成本分析和管养策略优化有所区别。

桥梁寿命周期设计的突出变化是引入时间参数,在设计阶段将决策考虑的时间域拓展到桥梁结构的整个寿命周期。对于桥梁结构来说,在设计初期将获得一个预期的寿命,此后相关的所有配置与规划,如结构设计、材料性能、构造细节、施工方法、管养计划等,都应针对这一给定的寿命展开。工程寿命周期理论研究的核心任务之一就是合理确定这一给定寿命;而设计过程则应体现如何达到这一给定寿命,或者说明如何保证在给定寿命内达到预期的要求。

基于上述理解,笔者及其带领的研究团队经过五年多的研究,提出了基于过程控制的桥梁寿命周期理论及其设计过程。主要思想可概括为:全寿命方法在设计过程中体现为给定寿命的桥梁设计;具体的设计过程包括寿命确定、造型设计、性能设计、生态设计、管养设计等;对于复杂设计过程面临的各种复杂决策问题,应利用成本分析、风险评估两大决策方法进行评估和科学决策。在这一理论体系中,耐久性问题作为影响桥梁寿命周期的重要因素,应在性能设计中有深入考虑。上述对桥梁寿命周期设计理论和方法的总体理解可表述如图 1 所示。本书也正是基于这一总体思路,编排架构了九个章节的内容,



对桥梁寿命周期设计基本理论、各个设计过程的设计内容和目标,以及两大决策方法的基本原理和应用过程进行了阐述。本书附录 A 中尝试用设计指南的形式,对桥梁给定寿命设计的总体要求和过程进行了总结。

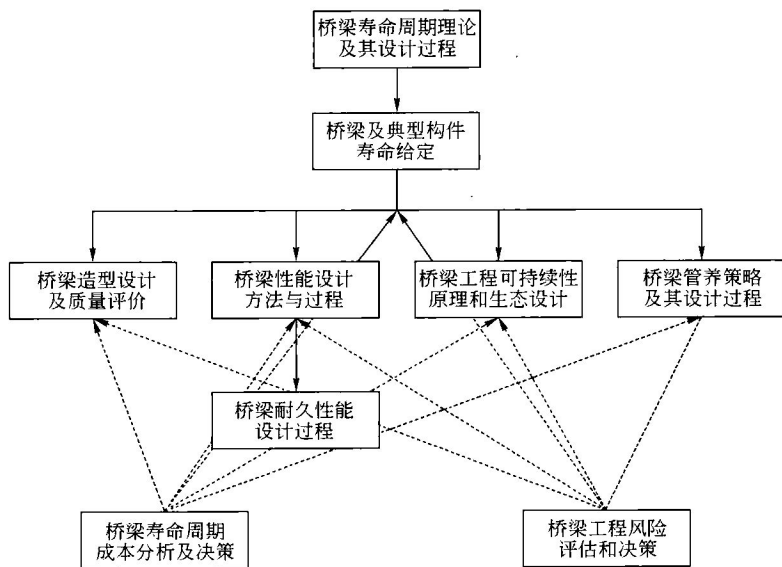


图1 本书的总体思路

2004年,在对桥梁工程前沿研究进行调研和分析后,笔者的老师同济大学桥梁工程系项海帆教授和范立础教授指出了开展此课题研究的重要性和紧迫性,并对笔者布置了开展桥梁全寿命设计理论和耐久性问题的研究任务。五年来,笔者带领研究团队从耐久性设计、风险评估方法、设计过程等多方面,开展了大量的研究与实践工作。本书在对这些研究工作总结的基础上,提出了桥梁寿命周期设计理论和过程,综合了笔者培养的多名博士和硕士生的论文研究成果,他们是阮欣、吴海军、张宝胜、盛勇、马军海、梁艳、王玉倩、罗晓瑜、吴新元、金玉泉、潘子超等。在五年的研究过程中,项海帆院士和范立础院士对笔者的研究工作给予了大力支持和关键指导,交通部(现已更名为交



通运输部)前总工程师凤懋润、副总工程师王玉,及现任总工程师周海涛等也多次关心研究进展。同济大学桥梁工程系青年教师阮欣博士,在本书最后成稿阶段,协助笔者承担了大量的统筹与编写工作,并利用他在美国里海大学(Lehigh University)从事博士后研究的机会,与国际知名的工程全寿命研究专家 Dan M. Frangopol 教授对本书架构理论体系进行了深入讨论,得到了很多有益的建议。借此机会,向他们表示衷心的感谢!

本课题研究得到了国家高技术研究发展计划(863 计划)——基于全寿命周期的混凝土桥梁耐久性能设计方法与过程(2007AA11Z104)、西部交通建设科技项目——桥梁工程全寿命设计理论与方法研究(2004-318 822 25)、混凝土桥梁耐久性设计方法和设计参数研究(2006 318 223 02-01)的联合资助,特此致谢!

桥梁全寿命理论及基于给定寿命的设计方法是全新的研究课题,具有综合性强、难度高的特点,对其研究将是一个长期的过程。本书仅是在这个方面的初步探索,难免有偏颇或不足之处,请不吝指正!

作者 陈艾荣
2008 秋于同济园

目 录

第 1 章 桥梁寿命周期理论及其设计过程	1
1.1 典型的桥梁寿命周期过程	1
1.2 桥梁寿命周期总体需求	2
1.3 桥梁寿命周期设计内容	4
1.3.1 寿命给定	4
1.3.2 造型设计	4
1.3.3 性能设计	5
1.3.4 生态设计	6
1.3.5 管养设计	6
1.4 桥梁寿命周期决策方法	7
1.4.1 成本分析	7
1.4.2 风险评估	7
1.5 桥梁寿命周期总体设计过程	7
第 2 章 桥梁及典型构件寿命给定	9
2.1 桥梁使用寿命的概念	9
2.1.1 现行规范中的结构寿命定义	9
2.1.2 桥梁寿命相关概念	11
2.1.3 桥梁及构件使用寿命的终结准则	12
2.1.4 桥梁及构件实际使用寿命综述	12
2.2 设计使用寿命和实际使用寿命	18
2.3 桥梁和构件寿命给定总体策略	19
2.4 桥梁整体设计使用寿命给定	20
2.4.1 桥梁整体设计使用寿命确定的原则和目标	20
2.4.2 桥梁整体实际使用寿命的终结	21
2.4.3 桥梁整体建议设计使用寿命	21
2.4.4 桥梁整体设计使用寿命确定	21
2.5 桥梁构件设计使用寿命给定	21



2.5.1	桥梁构件设计使用寿命确定的原则和目标	21
2.5.2	桥梁构件实际使用寿命的终结	22
2.5.3	桥梁典型构件类型划分	22
2.5.4	桥梁典型构件建议给定设计寿命	26
2.5.5	桥梁典型构件建议给定设计寿命的修正	27
2.6	设计使用寿命给定过程	31
第3章	桥梁造型设计及质量评价	33
3.1	桥梁造型设计研究概况	33
3.2	桥梁造型相关研究基本体系	34
3.3	桥梁造型设计方法	36
3.3.1	造型设计内容	36
3.3.2	造型设计原理	39
3.3.3	造型设计基本方法	43
3.4	桥梁造型质量评价	44
3.5	给定寿命的桥梁造型设计过程	47
第4章	桥梁性能设计内容及设计方法	49
4.1	寿命周期性能设计总体内容	49
4.1.1	安全性能设计	49
4.1.2	使用性能设计	51
4.1.3	耐久性能设计	52
4.1.4	疲劳性能设计	54
4.2	基于性能的设计方法基本原理	54
4.3	基于性能的设计方法总体表达	58
4.3.1	性能设计内容	58
4.3.2	基本概念体系	59
4.3.3	性能设计总体过程	62
第5章	桥梁耐久性能设计过程	63
5.1	耐久性能问题及其研究综述	63
5.1.1	寿命周期设计和耐久性能	63
5.1.2	耐久性能定义	64
5.1.3	耐久性能设计内容	66
5.2	耐久性能设计过程	66
5.2.1	耐久性能极限状态	66

5.2.2	环境作用机理确定	67
5.2.3	构件侵蚀程度评估	70
5.2.4	构件防护水平措施	75
5.2.5	耐久性能设计过程	78
5.3	耐久性能优化设计建议	79
5.3.1	结构体系设计建议	79
5.3.2	防水系统设计建议	88
5.3.3	伸缩缝构造设计建议	94
5.3.4	支座构造设计建议	95
5.3.5	可施工性构造设计建议	96
第6章	桥梁工程可持续性原理和生态设计	99
6.1	桥梁生态设计研究概况	99
6.2	桥梁生态设计的内涵	101
6.2.1	环境与可持续发展	101
6.2.2	传统设计与生态设计	101
6.3	桥梁寿命周期生态设计	104
6.3.1	桥梁环境友好设计	104
6.3.2	桥梁再利用设计	105
6.3.3	桥梁生物友好设计	107
6.4	桥梁生命周期生态评价	108
6.5	桥梁寿命周期生态设计过程	110
第7章	桥梁管养策略及其设计过程	112
7.1	寿命周期管养研究综述	112
7.2	桥梁寿命周期管养内容与技术	113
7.2.1	桥梁管养工作内容	113
7.2.2	桥梁检测技术	115
7.3	桥梁管养工作效力及策略优化	120
7.3.1	管养工作效力概念模型	120
7.3.2	管养工作策略优化	120
7.3.3	管养工作策略优化过程	125
7.4	寿命周期管养设计内容	127
7.4.1	管养要求设计	127
7.4.2	管养构造设计	128



7.4.3 管养规划设计	130
7.5 寿命周期管养设计过程	130
第8章 桥梁寿命周期成本分析及决策	132
8.1 寿命周期成本分析研究综述	132
8.2 寿命周期成本分析的经济学基础	134
8.2.1 货币的时间价值	134
8.2.2 利率的计算形式	136
8.2.3 基本的平衡方法	139
8.2.4 通货膨胀	141
8.3 寿命周期成本分析概念	142
8.4 寿命周期成本构成与分析	142
8.4.1 机构成本	142
8.4.2 用户成本	144
8.4.3 易损性成本	146
8.4.4 环境成本	147
8.4.5 桥梁寿命周期成本	148
8.4.6 寿命周期成本分析流程	149
8.5 基于成本分析的决策方法	150
第9章 桥梁工程风险评估和决策	155
9.1 桥梁风险评估研究概述	155
9.2 桥梁工程风险和风险评估	157
9.2.1 桥梁寿命周期中的风险	157
9.2.2 桥梁工程风险的定义	160
9.3 桥梁风险评估基本模型和原理	161
9.3.1 桥梁风险损失量测	161
9.3.2 桥梁风险概率量测	166
9.3.3 桥梁风险评价和决策	172
9.4 桥梁风险评估基本过程	175
9.5 典型桥梁风险评估问题	178
附录A 基于给定寿命的桥梁设计过程指南	187
附录B 常用构件建议设计使用寿命的修正方法	212
参考文献	220



第1章 桥梁寿命周期理论及其设计过程

1.1 典型的桥梁寿命周期过程

典型的桥梁寿命周期包括桥位规划、方案设计、性能分析、详图设计、建造施工、管理养护、拆除/倒塌等几个阶段(图1.1)。各个阶段的工作内容密切联系,相互影响。其中设计阶段是将业主、使用者和社会的需求转化为技术体系的性能要求、建立并优化结构方案的最为关键的阶段。

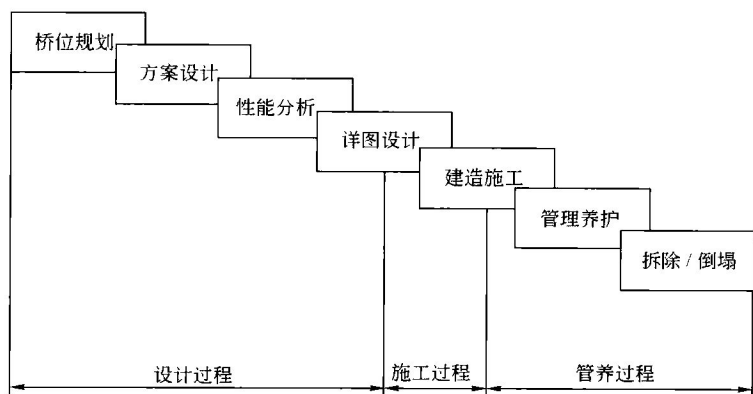


图1.1 典型桥梁寿命周期过程

寿命周期理论的核心思想是在实施具体的工程措施之前,将后续寿命周期中可能出现的各种问题和工程内容进行系统规划和全盘考虑,以达到预期的最优目标(通常是成本最低)。

如何考虑和界定寿命周期各个阶段可能出现的问题、如何定义预期目标及其衡量指标体系、如何协调不同目标之间的矛盾、如何描述寿命周期中性能指标(及)需求的变化过程以及考虑寿命期内可能的不确定性等一系列问题,构成了桥梁寿命周期理论研究的范围。



如前言所述,我国的全寿命研究面临的问题和欧美国家有所不同:欧美国家的研究主要针对管养问题,因此其寿命周期研究主要针对管养过程的优化而展开;而我国仍处于大规模建设阶段,可以考虑基于寿命周期的设计方法,因此也需要考虑桥梁寿命周期的全部过程,并将面临更加复杂的决策和优化过程。这一差异也使得我国对全寿命问题更加全面、系统的认识成为可能。

1.2 桥梁寿命周期总体需求

一直以来,安全、经济、适用和美观作为我国公路桥梁设计的基本原则,在《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)中修订为技术先进、安全可靠、适用耐久、经济合理。从寿命周期设计方法的角度来看,这些基本原则都应包含在设计要求,但仍不全面。也有学者尝试在此基础上,进行补充,将可持续发展的要求补充进来[IABSE, 1996]。本书中将在芬兰学者 Sarja[Sarja, 2002]提出的建筑结构寿命周期设计总体需求的基础上,提出桥梁寿命周期设计的总体需求(图 1.2)。

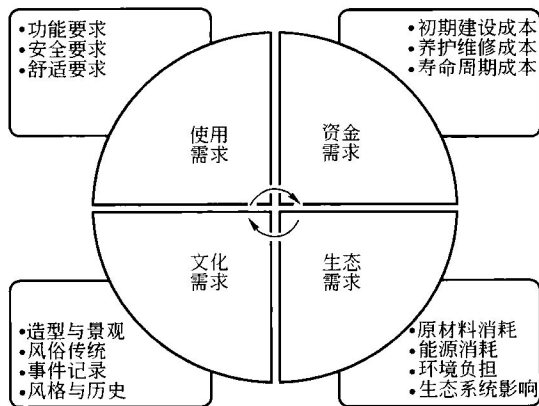


图 1.2 桥梁寿命周期设计的总体需求

使用需求应考虑建造桥梁的最初基本目的和使用要求。在以往的设计规范中,使用需求是最为重要的设计要求,并且被细化为安全性能、服务性能等具体性能指标。现行大多数设计规范中,正常使用极限状态和承载能力极限状态是两个基本设计目标。在寿命周期的设计过程中,使用需求仍然是必须满足的基本需求之一,并且进行了适当延伸。这里将其尝试概括为功能要求、安全要求和舒适要求。功能要求是指桥梁应提供交通的便利,这是建造桥梁的最初目的,在



寿命周期的设计过程中应考虑到在整个寿命周期过程中可能发生的功能变化(例如桥梁需要拓宽或改建);安全要求和舒适要求是保证通行者在通过时的安全舒适,这是桥梁作为现代社会基础设计的基本条件;类似地,在寿命周期的设计中,需要考虑在不同寿命阶段的桥梁提供安全和舒适服务的能力。

资金是保证桥梁建设和维护其正常运营的基本条件。桥梁在使用过程中的性能表现,在极大程度上依靠于管理和维护[Sarja, 2002]。换言之,保证使用过程中维护资金的投入至关重要。寿命周期设计研究的起点就是对维护过程的资金进行优化。和传统的设计要求相比,除了对初始建设成本的关注外,寿命周期设计对桥梁整个寿命周期中可能发生的各种费用都进行关注,并引入经济学中成本分析的基本原理进行科学的计算和分析,使得在设计初期阶段对桥梁寿命周期总成本(或对寿命周期中现金流)有总体的认识。寿命周期中的资金需求是进行决定设计方案的重要决策指标。

生态需求是可持续发展原则在寿命周期设计中的具体体现,可以从以下几个方面理解。首先,桥梁建造和维护过程消耗的材料,以及这些材料在生产过程的排放等都是桥梁寿命周期中需要考虑的生态负担。其次,桥梁的建设和使用还可能对周边的生态环境和生态系统造成影响,例如对水域的污染和对生态群落的破坏。对生态需求的考虑就是对桥梁寿命周期可能产生的生态影响及造成的生态负担进行分析和优化。总体上,生态需求可以概括为原材料消耗、能源消耗、环境负担、生态系统影响等。和最初的从材料角度出发的结构工程耐久性不同,在寿命周期设计的总体框架和过程中,结合结构设计过程对生态需求进行考虑和优化,往往可以取得更为显著的效果。例如在桥梁方案比选的时候,不仅可以考虑普通混凝土材料和高性能混凝土材料的优劣,还可以考虑组合结构、混凝土结构和钢结构等不同结构形式的生态影响;或者可以考虑降低桥梁坡度以减少车辆在通行过程中的尾气排放等。

文化需求中包含了对桥梁造型、景观效果等要求,同时还包括对文化传统、风俗继承等要求。在寿命周期的设计方法中将明确桥梁的服役寿命,而这一寿命往往较长,可以达到100年或者更长。从历史和文化研究的角度来看,在这样一个时间跨度中,桥梁完全有可能成为历史遗产被后世进行保护和继承。因此,有必要将以往对于桥梁景观方面的要求上升为文化需求,其内涵也相应发展为造型(景观)需求、风俗传统需求、事件记录需求、设计风格和建造历史需求等。

上述四个方面构成了桥梁寿命周期的总体需求,也构成了桥梁寿命周期设计决策的基本目标。桥梁寿命周期设计过程就是在众多可能方案中,选择对于上述目标具有最佳满意度的多目标决策过程。寿命周期设计过程就是将上述需



求转化为具体的性能指标,并发展成为项目的设计、评估、预测方法的过程。

当然上述四个需求的内涵远不止上述解读,目前在这方面的研究仍处于快速发展的阶段。对于这些需求的分析、研究和解读,将逐步丰富和完善桥梁寿命周期设计的具体内容。

1.3 桥梁寿命周期设计内容

桥梁寿命周期设计是将上述四种需求细化为具体指标、构思设计方案,并对各种需求的满足程度进行检验的过程,具体的工作内容包括:寿命给定、造型设计、性能设计、生态设计和管养设计等。

1.3.1 寿命给定

给定结构寿命是寿命周期设计与传统设计最为重要的区别。虽然在传统设计规范中也有对结构使用时间的规定,但在具体的条文和设计要求中几乎没有直接反映针对使用寿命的特殊要求。在给定寿命的设计过程中,给定的结构寿命将是后续设计内容的起点,是最为重要的设计参数之一。

桥梁设计人员需要与业主合作,根据业主与用户对桥梁使用寿命需求,确定桥梁设计寿命的目标,将桥梁的各构件分成不同的目标使用寿命类别。这些区分将影响在设计使用寿命周期内各构件必须更换的次数以及管养方法。在不同的给定寿命下,桥梁寿命周期成本不同,这将是进行成本优化的重要依据。

在基础研究方面,常规构件的合理设计寿命是给定寿命设计理论重要的组成部分。主要是通过对在役桥梁(构件)性态的观察、分析、模拟、预测,对其寿命周期性能变化过程进行科学描述,并结合给定寿命设计的基本要求,给出建议的寿命范围,供设计取用。需要指出的是,在给定寿命的设计过程中,由于考虑问题的范围和决策时间域大大拓展,因此决策问题也将异常困难。针对具体的桥梁,其给定寿命将是一个由设计人员进行调查、分析、研究后确定的设计参数,如同常规设计中的梁的尺寸或斜拉索的索力。基础研究得到的结果推荐或给定寿命建议值仅供设计人员参考。如果对所有的类似构件都给定相同的寿命而忽略具体的使用条件和结构特征,则进行给定寿命设计的意义也将失之过半。

1.3.2 造型设计

造型设计是满足文化需求的主要手段。在寿命周期设计过程中,造型设计的内涵远远不止传统设计中经常谈到的美观或景观设计,而是包含了从桥梁规



划开始,基于对桥梁寿命周期的需求考虑,从有形的视觉感知到无形的文化传承方面的主动创造过程。这一过程与寿命周期设计中其他的设计内容相互关联,相互影响。

作为主要设计内容之一,桥梁造型设计需要相关的设计技术支持。目前这方面的研究刚刚起步,正在快速地发展和完善。它是在大量借鉴了建筑设计、工业设计、产品设计等相关学科发展的基础上,发展形成的关于桥梁整体及构件形式选择、搭配、组合、优化的设计技术(或者说是基本的原理和法则)。如何应用这些技术体现设计者需要表达的精神境界或者寄托其中的情感,则是造型设计的具体内容。

造型设计的最终目标是创造令人赏心悦目的桥梁。对于寿命长达数十年、甚至上百年的重要桥梁,考虑其成为后世的遗产或是景观是非常必要的。因此,造型设计除了满足基本的审美要求外,还应考虑将当地风俗传统、重大事件或当时的设计风格与潮流等用合适的形式记录下来,都是造型设计内容。

随着桥梁设计建造技术的快速发展,建造技术和分析难度对造型设计的制约将日益放松,这也使得设计者在造型设计方面具有更大的自由度,桥梁将从“千桥一面”向“风格各异”发展。造型设计应从前期桥型确定阶段就逐渐展开,与后续结构设计工作有机结合,从而彻底摆脱在结构设计完成后才开始雕琢修饰、涂脂抹粉的尴尬局面。

1.3.3 性能设计

性能设计是确定具体结构性态的过程,包括安全性能设计、使用性能设计、耐久性能设计和服务性能设计。在性能设计过程中,主要的工作有结构体系、构件形式和功能的确定等,包括常规力学设计、灵活性设计、耐久性设计、施工方案设计以及一些特殊情况(如大风、大雾、暴雨等)下的特殊设计。所有这些设计内容除需考虑桥梁完成时的完好状态外,还需要考虑寿命周期过程中的缺陷状态。

常规力学设计主要是对强度、刚度、稳定性、抗疲劳等基本力学问题的考虑,使构件在施工过程、完好状态和有缺陷状态中,能够按一定的保证率实现确定的目标并满足要求。灵活性设计为了确保良好的桥梁寿命周期质量,必须对桥梁使用过程及未来可能的变化进行预测,同时在设计中采取各种灵活性措施以适应未来的变化,而不致在未达其使用寿命时就已经陈旧、过时。其中也包含了构件的可更换、可检查、可维修等在管养过程中可能出现的需求。耐久性设计是对在寿命周期中可能发生的材料性能退化,以及在环境或使用荷载影响下发生的劣化过程的设计对策。耐久性设计的内容包括耐久性能的分析、预测、退化过程