

桥梁全寿命与耐久性关键技术丛书

桥梁工程全寿命

设计方法及工程实践

孟凡超 徐国平 著
刘 高 马军海



人民交通出版社
China Communications Press

桥梁全寿命与耐久性关键技术丛书

Qiaoliang Gongcheng Quanshouming Sheji Fangfa

桥梁工程全寿命设计方法

ji Gongcheng Shijian

及工程实践

孟凡超 徐国平 刘 高 马军海 著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为桥梁全寿命与耐久性关键技术丛书之一。本书共分6章,围绕桥梁全寿命设计研究背景和设计理论发展、桥梁全寿命设计主要内容、决策方法、各设计阶段全寿命设计方法、桥梁构件及附属设施全寿命设计方法等内容进行了阐述,并通过鄂东长江公路大桥的设计示例,展示了桥梁工程全寿命设计应用的方法和过程。

本书可作为桥梁工程专业相关人员的学习参考书,也可供大专院校相关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁工程全寿命设计方法及工程实践/孟凡超等著

—北京:人民交通出版社,2012.9

ISBN 978-7-114-09985-4

I. ①桥… II. ①孟… III. ①桥梁设计 IV.

①U442.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 178964 号

桥梁全寿命与耐久性关键技术丛书

书 名:桥梁工程全寿命设计方法及工程实践

著 作 者:孟凡超 徐国平 刘 高 马军海

责任编辑:曲 乐 李 喆 张 斌

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.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:13

字 数:300千

版 次:2012年9月 第1版

印 次:2012年9月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-09985-4

定 价:38.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

传统桥梁设计主要关注桥梁建设阶段,对桥梁运营阶段的养护和维修等考虑较少,致使很多桥梁存在使用性能差、耐久性低、服役期短等问题,不仅影响了桥梁正常服务功能的发挥,也使桥梁管理和养护部门面临着巨大的经济和社会压力。

为了合理规划结构管养和优化资金决策,国外工程界从 20 世纪 90 年代起,引入全寿命成本分析方法,综合考虑结构管养信息、结构性能退化等,开展了大量的结构寿命周期理论研究。

在原交通部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)”的资助下,项目组通过多年的研究,建立了系统的桥梁工程全寿命设计方法体系。不同于传统的桥梁设计理念,桥梁全寿命设计是针对规划、设计、施工、运营、管养、拆除或回收再利用的全过程和面向“功能、成本、人文、环境”等诸多需求开展的综合性桥梁设计,核心思想是在桥梁规划和设计阶段对拟建桥梁寿命期内的各种状况作预见性的分析和针对性的设计,以确保桥梁在寿命期内性能、成本等各项目标的实现。相关研究成果已在鄂东长江公路大桥、杭州湾跨海大桥等多座大型桥梁工程中得到了应用验证。

本书共分 6 章,围绕桥梁全寿命设计研究背景和设计理论发展、桥梁全寿命设计主要内容、决策方法、各设计阶段全寿命设计方法、桥梁构件及附属设施全寿命设计方法等内容进行了阐述,并通过鄂东长江公路大桥的设计示例,展示了桥梁工程全寿命设计应用的方法和过程。

第 1 章为绪论。主要综述了桥梁全寿命设计研究背景、桥梁设计理念的发展历程和国内外对桥梁全寿命设计的研究现状,并总括性地提出了桥梁全寿命设计的方法体系。

第 2 章为桥梁全寿命设计主要内容。在桥梁寿命期组成和全寿命设计需求分析的基础上,对桥梁及构件设计使用寿命确定、性能设计、管养设计、景观设计、环境设计等桥梁全寿命设计的主要内容、设计方法和过程进行了阐述。

第 3 章为桥梁全寿命设计决策方法。针对桥梁全寿命设计的两大决策分析方法——全寿命成本分析和风险评估进行阐述,其中桥梁全寿命成本分析决策方



法从使用范围、工作原则、成本构成、基本参数、分析模型和基本流程等方面进行详细阐述；风险评估决策方法从使用范围、主要内容、评估方法、基本流程等方面进行了详细阐述。

第4章为桥梁各设计阶段全寿命设计。重点针对桥梁可行性研究、初步设计和施工图设计等各设计阶段全寿命设计的目的和要求、主要设计内容、决策方法和设计流程等进行了阐述。

第5章为桥梁构件及附属设施全寿命设计。分别介绍了桥梁中的混凝土构件、钢结构构件、缆索系统和附属设施等的全寿命设计原则、设计方法和设计要点等。

第6章为桥梁全寿命设计示例。以鄂东长江公路大桥为例，针对该桥的工程特点，详细介绍了桥梁全寿命设计方法在实际工程中应用的方法与过程。

本书力图将纷繁复杂的桥梁全寿命设计理论和方法总结提炼成为易于理解和操作的主要设计内容和决策方法，并通过实际工程应用示例展示其应用方法和过程，可为桥梁工程专业相关人员学习和科研提供参考和借鉴。

桥梁工程全寿命设计方法是一个新的设计理论与方法体系，其研究目前方兴未艾，因此需要广大桥梁工程专业同仁共同努力对其进行进一步的研究、应用和完善，本书主要是对多年研究和应用成果的整理和总结，难免存在粗疏之处，敬请读者指正。

作 者

2012年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 桥梁全寿命设计研究背景	1
1.2 桥梁设计理念及其发展	2
1.2.1 传统桥梁设计理念	2
1.2.2 桥梁全寿命设计理念	2
1.3 国内外对桥梁全寿命设计的研究	4
1.3.1 国外对桥梁全寿命设计的研究	4
1.3.2 国内对桥梁全寿命设计的研究	5
1.4 桥梁全寿命设计体系	6
第 2 章 桥梁全寿命设计主要内容	7
2.1 桥梁全寿命设计需求分析	7
2.1.1 桥梁寿命期组成	7
2.1.2 桥梁全寿命设计需求	7
2.2 桥梁及构件设计使用寿命确定	8
2.2.1 桥梁及构件设计使用寿命确定的要求	8
2.2.2 桥梁构件使用寿命的影响因素及典型病害	8
2.2.3 桥梁及构件寿命终结准则及其分类	16
2.2.4 桥梁整体设计使用寿命确定	17
2.2.5 桥梁构件设计使用寿命确定	18
2.2.6 桥梁和构件设计使用寿命确定流程	25
2.3 桥梁性能设计	26
2.3.1 性能设计基本概念	26
2.3.2 性能设计主要内容	28
2.3.3 性能设计流程	29
2.4 桥梁管养设计	29
2.4.1 管养设计的概念和目的	29
2.4.2 管养设计主要内容	29



2.4.3	管养设计流程	31
2.5	桥梁景观设计	32
2.5.1	景观设计的概念和目的	32
2.5.2	景观设计主要内容	32
2.5.3	景观设计流程	32
2.6	桥梁环境设计	32
2.6.1	环境设计的概念和目的	32
2.6.2	环境设计主要内容	33
2.6.3	环境设计流程	34
第3章	桥梁全寿命设计决策方法	35
3.1	概述	35
3.2	桥梁全寿命成本分析决策方法	35
3.2.1	桥梁全寿命成本分析使用范围	35
3.2.2	桥梁全寿命成本分析工作原则	36
3.2.3	桥梁全寿命成本构成	36
3.2.4	桥梁全寿命成本分析基本参数	38
3.2.5	桥梁全寿命成本分析模型	39
3.2.6	桥梁全寿命成本分析基本流程	50
3.3	桥梁风险评估决策方法	50
3.3.1	桥梁风险、灾害与事故	50
3.3.2	风险评估决策使用范围	51
3.3.3	风险评估主要内容	52
3.3.4	风险评估方法	59
3.3.5	风险评估基本流程	59
第4章	桥梁各设计阶段全寿命设计	60
4.1	桥梁设计阶段	60
4.1.1	传统桥梁设计阶段	60
4.1.2	桥梁全寿命设计的主要设计阶段	61
4.2	可行性研究阶段桥梁全寿命设计	62
4.2.1	可行性研究阶段桥梁全寿命设计的目的和要求	62
4.2.2	可行性研究阶段桥梁全寿命设计的主要内容及流程	63
4.2.3	桥梁建设需求分析及建设规模、标准确定	63

4.2.4	桥梁全寿命设计方案研究	70
4.2.5	桥梁全寿命设计方案决策分析	75
4.3	桥梁初步设计阶段全寿命设计	81
4.3.1	初步设计阶段全寿命设计的目的和要求	81
4.3.2	初步设计阶段桥梁全寿命设计的主要内容及流程	82
4.3.3	桥梁建设条件研究和技术标准确定	82
4.3.4	桥梁全寿命设计	83
4.3.5	桥梁全寿命设计决策分析	88
4.4	桥梁施工图设计阶段全寿命设计	94
4.4.1	施工图设计阶段桥梁全寿命设计的目的和要求	94
4.4.2	施工图设计阶段桥梁全寿命设计的主要内容及流程	94
4.4.3	建设条件研究及技术标准、参数确定	94
4.4.4	桥梁构(部)件全寿命设计	95
4.4.5	桥梁全寿命设计决策分析	100
第5章	桥梁构件及附属设施全寿命设计	103
5.1	桥梁构件及附属设施全寿命设计内容与过程	103
5.1.1	桥梁构件及附属设施全寿命设计内容	103
5.1.2	桥梁构件及附属设施全寿命设计一般原则	103
5.1.3	桥梁构件及附属设施全寿命设计过程	105
5.2	桥梁混凝土构件全寿命设计	105
5.2.1	设计原则	105
5.2.2	材料选用	106
5.2.3	构造措施	109
5.2.4	施工工艺和施工控制	113
5.2.5	维护管理	115
5.3	桥梁钢构件全寿命设计	118
5.3.1	设计原则	118
5.3.2	抗疲劳设计	118
5.3.3	防腐蚀设计	120
5.3.4	设计要点	123
5.3.5	维护管理	123
5.4	桥梁缆索系统全寿命设计	124



5.4.1	设计原则	124
5.4.2	强度设计	124
5.4.3	抗疲劳设计	126
5.4.4	防腐蚀设计	127
5.4.5	施工工艺和施工控制	127
5.4.6	维护管理	129
5.5	桥梁附属设施全寿命设计	130
5.5.1	桥面铺装全寿命设计	130
5.5.2	伸缩装置全寿命设计	132
5.5.3	支座全寿命设计	134
第6章	桥梁全寿命设计示例	137
6.1	鄂东大桥概况	137
6.2	建设条件和使用环境调查研究	137
6.2.1	建设条件	137
6.2.2	使用环境	141
6.2.3	桥梁设计技术标准与主要控制参数的确定	143
6.3	桥梁全寿命设计	144
6.3.1	桥梁及构件设计使用寿命	144
6.3.2	桥梁景观设计	146
6.3.3	桥梁性能设计	148
6.3.4	桥梁施工方案设计	157
6.3.5	桥梁管养设计	161
6.3.6	桥梁环境设计	169
6.3.7	桥梁构件拆除及回收再利用设计	177
6.4	桥梁全寿命设计决策分析	179
6.4.1	桥梁风险评估	179
6.4.2	桥梁全寿命成本分析	182
参考文献		189

第 1 章 绪 论

1.1 桥梁全寿命设计研究背景

改革开放以来,我国公路建设事业迅猛发展,高速公路从无到有,现已建成高速公路 65 055km,形成高速公路网;作为公路建设的重要组成部分,桥梁建设正在蓬勃发展中,跨越大江大河、跨海及大峡谷的长大桥梁相继建成;截至 2009 年年底,路线上特大桥、一般大中桥等已达 62 万余座,工程技术和质量都在不断提高。

由于过去的经济及技术条件所限,目前不少桥梁相继出现了一些问题,有的成为危桥,2006 年年底全国共有公路危桥 6 282 座;即使是近 20 年来采用现代技术建成的桥梁,其中有些也相继出现了一些退化、腐蚀、裂缝等耐久性问题,严重影响正常使用,甚至造成桥塌人亡的事故,因此在新建桥梁中如何避免重复已出现的问题,寻求我国桥梁建设可持续发展的途径,成为当今亟待解决的问题。

桥梁的耐久性,一直是令工程界困扰的话题。国际桥梁界的现状是大部分桥梁达不到设计寿命的要求,有些设计寿命 100 年的桥只能使用三四十年,造成巨大的经济损失。在英国,桥梁的维护修补费用是建设费用的 6 倍,美国的维护修补费用所占比例也很高。

除耐久性问题外,桥梁安全风险事件也频繁发生。2007 年 6 月 15 日,广东省跨西江的九江大桥被运沙船撞击,致使桥梁垮塌;2007 年 8 月 13 日,湖南省凤凰城 4 孔石拱桥在建成拆除支架时全部垮塌;这些事件引起了交通运输部及国务院的高度重视,并决定对全国桥梁进行安全大检查和危桥改造。

20 世纪 90 年代以来,人们开始反思以往桥梁建设和管理中存在的问题,认识到原来桥梁设计中未考虑到材料性能及使用功能退化、环境影响、交通量大幅度增加等自然和社会因素对桥梁的作用,是很多桥梁实际寿命较预期的使用寿命短、桥梁使用性能低、耐久性差等问题产生的主要原因;同时,也给养护、维修等后期运营管理工作带来了难以承受的经济和社会负担,使桥梁的建设、管理面临着极大的风险^[118]。

同时也使我们深刻地认识到,在设计阶段除性能设计以外,还应进行与材料性能及使用环境有关的耐久性设计、环境设计及风险评估,并使桥梁便于检查、维修和更换,确保桥梁在整个使用寿命期内达到经济效益最佳,成为“资源节约型和环境友好型”工程,实现可持续发展的目的。桥梁全寿命设计理论和方法正是在这种形势下发展起来的。因此,桥梁全寿命设计理论和方法的研究和实施,是我国桥梁建设可持续发展的迫切需要,也是我国桥梁工程建设领域深入贯彻和落实科学发展观的重要体现。



1.2 桥梁设计理念及其发展

1.2.1 传统桥梁设计理念

传统的桥梁设计主要进行桥梁上部结构和下部结构的设计,使其发挥应有的交通功能。设计中注重荷载等级、技术标准等成桥使用性能,而未明确桥梁及主要构件的设计寿命,对桥梁周围生态环境的影响、桥梁景观与周围环境和谐统一等因素考虑较少;注重建设期的安全和强度,忽视使用期的结构耐久性及其使用寿命;注重设计与施工的投入,忽视桥梁运营管理和维修改造成本,忽视维修改造时的服务水平以及交通阻塞对行车、行人的环境影响评估等,造成建管养的分离。传统的桥梁设计理念已不能适应桥梁工程技术发展的要求。传统的桥梁设计理念和建养管体制的不足已成为导致目前桥梁出现各种问题(尤其是耐久性问题)的关键。

1.2.2 桥梁全寿命设计理念

根据可持续发展的思想,桥梁设计既要考虑当前发展的需要,又要考虑今后发展的要求;既要考虑桥梁成桥时的性能,也要考虑桥梁使用期间的性能;既要考虑当前的利益,也要考虑后期的风险;既要重视桥梁建设的初始造价,又要考虑寿命期内所需的成本。即要以桥梁生命周期性能与成本作为衡量桥梁性能和成本的指标,并以此来评价桥梁的优劣及经济性。因此,为了可持续发展,需要把传统设计方法扩展到桥梁全寿命期,考虑桥梁建设的全过程,从规划、设计、施工和使用期管理,一直到拆除和材料的回收再利用,进行桥梁全寿命设计。

1) 桥梁全寿命的相关概念

桥梁全寿命设计涉及十分广泛的社会和科学技术领域,为了在研究和应用中统一认识,避免混淆,根据各国关于全寿命设计基本概念的表述,本项目研究建议我国桥梁全寿命设计的基本概念采用下列有关术语表述。

(1) 桥梁实际使用寿命(Bridge Service Life)

桥梁从建成到使用寿命终结的实际年限。

(2) 桥梁正常使用寿命(Bridge Normal Service Life)

桥梁建成后,在正常使用与管养条件下,桥梁结构具有的正常使用年限。

(3) 桥梁目标使用寿命(Bridge Target Service Life)

桥梁结构在正常使用及管养的条件下,应达到的设定使用年限。

(4) 桥梁设计使用寿命(Bridge Design Life)

桥梁结构在正常使用条件及管养的条件下,设计期望达到的使用年限。

(5) 桥梁构件使用寿命(Bridge Element Service Life)

桥梁构件从投入使用到其使用寿命终结的实际年限。

(6) 桥梁构件设计使用寿命(Bridge Element Design Life)

桥梁构件在正常使用条件及管养的条件下,设计期望达到的使用年限。

(7) 桥梁全寿命(Bridge Life Cycle)

桥梁从规划、设计、施工、运营、管养,直至拆除或回收再利用的全过程。

2) 桥梁全寿命设计的概念

桥梁全寿命设计(Bridge Life Cycle Design, BLCD)是指在桥梁设计中,针对规划、设计、施工、运营、管养、拆除或回收再利用的全过程,实现桥梁全寿命期内总体性能(功能、成本、人文、环境等)最优的设计。

桥梁全寿命设计开拓性地将主要关注成桥状态的传统设计,拓展到桥梁的全寿命期,针对规划、设计、施工、运营、管养、拆除或回收再利用的全过程,面向“功能、成本、人文、环境”等诸多需求开展综合性的桥梁设计,它不仅是一种设计技术,更是一种符合可持续发展思想的桥梁设计理念,开展桥梁全寿命设计理论与方法研究是时代发展的要求,也体现了现代桥梁工程科学发展的理念。

3) 桥梁全寿命设计的设计阶段

过去的公路建设项目基本沿用了传统的两阶段设计(初步设计和施工图设计),小规模桥梁仅采用一阶段设计。而根据桥梁全寿命设计的思想,桥梁从规划研究开始就已经进入设计阶段,考虑并结合以往桥梁工程项目前期研究与实施设计阶段的程序,将桥梁全寿命设计分为可行性研究、初步设计和施工图设计三个阶段^[78],如图 1.1 所示,既考虑了桥梁全寿命设计的实际要求,又与传统设计程序保持较好的延续性。此外,在需要进行技术设计时应开展桥梁全寿命设计方面的某些专题研究。

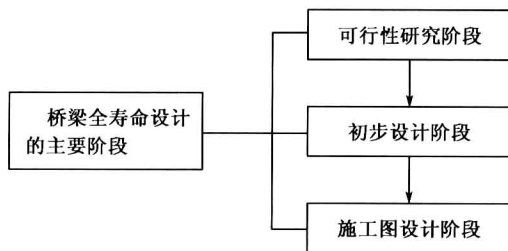


图 1.1 桥梁全寿命设计的阶段划分

4) 桥梁全寿命设计的特点

与传统桥梁设计理念相比,桥梁全寿命设计具有以下突出的特点,集中体现可持续发展和科学发展观的要求。

(1) 桥梁设计寿命目标化

- ①桥梁结构总体设计寿命具有明确的目标。
- ②桥梁主要构件的设计使用寿命具有明确的目标。
- ③为保障桥梁设计寿命目标提出具体的设计方法。

(2) 桥梁设计全局化

- ①统筹考虑桥梁建设期、运营期和拆除期的成本。
- ②统筹考虑桥梁建筑与周围环境的和谐统一。

(3) 桥梁设计考虑工程投资科学化

设计中统筹考虑桥梁工程的效益与投资风险的平衡,对设计方案进行比选、决策和优化。



1.3 国内外对桥梁全寿命设计的研究

1.3.1 国外对桥梁全寿命设计的研究

20 世纪 90 年代以来,桥梁全寿命设计及成本分析的理论和方法已逐渐成为各国桥梁工程发展的趋势。美国、日本、英国、芬兰等国家已先后进入研究及逐步实施的阶段。

(1) 美国

美国是世界上桥梁发展最早、规模最大也是桥梁病害及耐久性问题出现较早的国家,它是最早进行桥梁全寿命成本分析的国家,现在已进入桥梁全寿命成本分析的全面实施阶段^[1,44]。

19 世纪 60 年代初期,其为世界银行开发的计算模型《公路成本模型》(The Highway Cost Model),成为美国公路路面管理和桥梁管理系统的大部分思路的基础^[88]。

1994 年,美国总统签署《联邦行政令》,要求使用联邦资金进行重大基础设施投资决策时,应对每个项目整个寿命期内适当折扣过的预期效益和成本进行系统的分析。

2003 年,其颁布全国公路研究协作计划第 483 号报告《桥梁寿命周期成本分析》和配套的软件光盘(CRP-CD-26),可供专业人员进行桥梁寿命周期成本核算与分析^[44]。《桥梁寿命周期成本分析》报告指出,通过对国外情况调查发现,寿命周期成本分析在国际上通常以“全寿命成本核算”这样的名称来探讨,但并没有得到广泛的应用。

(2) 日本

近年来,日本土木建筑业包括桥梁工程在内,对全寿命费用(LCC)以及环境负担的全寿命分析倍加关注。20 多年前在房屋建筑业已开始实施全寿命调查,目前,在钢桥的全寿命成本评价及防腐方面也已有可以使用的成果^[41,115]。

日本的公路和铁路桥梁已达 80 万座,都需要有效的维护。20 世纪 90 年代后期,各国的桥梁管理系统和资产管理系统被介绍到日本,形成计划、实施、维护预算的报告。技术标准中出现了对于 100 年全寿命期费用最小化、提高维护意识等意图的表述。近 20 年来,因桥梁设施维护不当,造成了严重事故的发生;为了更完善地进行桥梁维护和相应的财务管理,需要进行桥梁全寿命费用最小化分析。

经济全球化和国际标准化也要求基础资产的管理由簿记会计向时价会计转换,同时对工程质量进行全寿命评估。

2002 年 9 月,日本钢铁结构会、钢桥的性能验证型设计对应研究委员会(钢桥的防腐 LCC 部会)公开发表了历经两年多的研究报告《钢桥 LCC 评价及防腐设计》^[115]。

随着我国经济、技术条件的发展,钢桥的使用将更加普遍。日本钢桥的全寿命成本评价及防腐设计的研究成果,值得我国借鉴。

(3) 英国

1992 年,桥梁全寿命成本分析的计算机程序(BD36 和 BA28)已开始应用^[5,8,11],并进入实施阶段^[95]。

(4) 芬兰

1994 年,Asko Sarja 教授和他领导的国际建筑结构及材料联合会,国际房屋与规范委员

会提出了“结构全寿命周期综合设计”的理念^[96]。

2000年,“材料和结构工程环境设计方法”生效实施。

2002年,发表《结构全寿命周期综合设计》一书。提出了全面的基础设施建设可持续发展的基本理念^[96]。这种可持续性包括社会方面(福利、卫生健康、安全、舒适)、经济方面、功能方面(需求不断变化下的适用性)、技术方面(使用能力、耐久性、可靠性)、生态方面(自然资源的消耗,对水、空气、土壤的污染,废弃物的产生及对生物多样性的影响),所有这些都要求在竣工设施的全寿命期内加以解决。“可持续性的建筑是一项技术,也是一个实践,它能够在竣工设施的寿命期内,用最理想的方式满足人类和社会多种多样的要求。”设计是建设的一个重要组成部分,它将业主、使用者和社会的需求转化为结构系统的性能要求,建立并优化结构方案,以实现这些需求,并通过分析和尺寸计算,证明确实已实现了这些需求。全寿命周期综合设计是新的综合设计流程,将会成为一种普遍的设计文化。沿着这个方向,下一个步骤就是将建筑物和民用基础设施的设计、管理和养护规划统一,整合为一个综合寿命工程,可以根据国际和国内的标准和指南,借助计算机,开展实践应用。

1.3.2 国内对桥梁全寿命设计的研究

近10年来,桥梁的全寿命成本分析在国内兴起,并很快成为研究的热点。

郭卓明(1999年)^[145]、陈艳艳(2002年)^[146]、吴海军和陈艾荣(2004年)^[136]、王福敏(2005年)^[147]、邵旭东(2006年)^[148]等先后结合我国桥梁工程的现状,从不同方面开展了桥梁全寿命成本分析的研究。徐岳等(2004年)^[152]、张克波和朱建华(2006年)^[153],对桥梁维修加固方案、功能分析及全寿命成本分析进行了研究。马军海等(2007年)^[125]认为桥梁的全寿命成本分析是桥梁全寿命设计的重要组成部分,是性能设计及检测、养护与维修等设计方案优劣的主要评价依据之一。

2003年,同济大学、中交四航局、香港奥亚纳公司组成联合体,对崇明越江工程进行可行性风险评估,这是我国第一次明确地将风险评估方法应用于大桥工程的决策;对车桥碰撞概率、碰撞后倒塌等各种概率进行了分析^[154]。

2002年,项海帆院士指出中国规范与欧美规范在处理船撞问题上的异同。

2003年,范立础院士提议的“大型建筑工程风险评价与保险研究”,得到中国工程院咨询项目立项,项目主要关注大型工程项目的风险评价方法及其保险策略。由范立础院士负责,陈肇元、董石麟等院士及同济大学、清华大学、浙江大学多位教授参加。在工程应用方面,2004年6月以来,同济大学对南宁大桥等大型工程施工和使用期间的工程风险评估及其对策进行了研究^[131]。

2007年5月,召开了由中国土木工程学会、同济大学、长安责任保险股份有限公司(筹)共同主办的“工程风险管理与保险论坛中国土木工程学会院士论坛”^[140]。

2004年,由中交公路规划设计院有限公司、同济大学、长安大学和北京工业大学共同承担的原交通部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”获得批准和启动,标志着我国向桥梁全寿命设计的全面研究和应用迈出了扎实的一步。该项目从我国现有桥梁状况调查分析入手,全面展开了10个专题的研究,历时4年,在主要构件的设计使用寿命确定方法、计算公式、计算参数和设计使用寿命建议值等方面取得了一批重大技术成果,创建了我



国桥梁工程全寿命设计理论与方法体系。该项目首次建立了考虑折现率的桥梁工程全寿命周期成本计算模型,研发了桥梁工程全寿命周期成本计算参数数据库和分析软件,建立了桥梁工程风险评估的理论和方法,提出了桥梁工程可行性研究、初步设计和施工图设计等三个阶段的全寿命设计内容,并编制了桥梁工程全寿命设计指南;首次提出了桥梁工程混凝土构件、钢结构构件、缆索系统和附属设施的全寿命设计原则和方法^[204]。

“桥梁工程全寿命设计理论与方法研究”项目的成功实施,成为我国实现桥梁工程全寿命设计的良好开端,为以后开展进一步的桥梁工程全寿命设计研究奠定了坚实的基础。

1.4 桥梁全寿命设计体系

桥梁全寿命设计体系如图 1.2 所示。

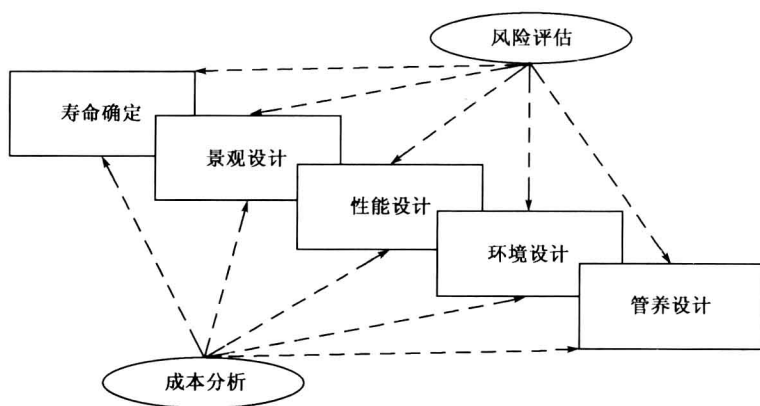


图 1.2 桥梁全寿命设计体系

桥梁全寿命设计的主要内容包括桥梁和构件寿命确定、景观设计、性能设计、环境设计和管养设计等五个方面,其中桥梁和构件寿命确定是设计基础,景观设计、性能设计、环境设计和管养设计是主要的设计实现手段,成本分析和风险评估是衡量设计方案优劣的两个决策方法^[118,203,204]。各设计内容之间相互联系、相互影响,最终方案需在多次比较、分析、优化后确定。

第 2 章 桥梁全寿命设计主要内容

2.1 桥梁全寿命设计需求分析

2.1.1 桥梁寿命期组成

一座桥梁的整个寿命期先后历经设计、施工、管养、拆除等阶段,各个阶段的工作内容及其相互关系如图 2.1 所示。

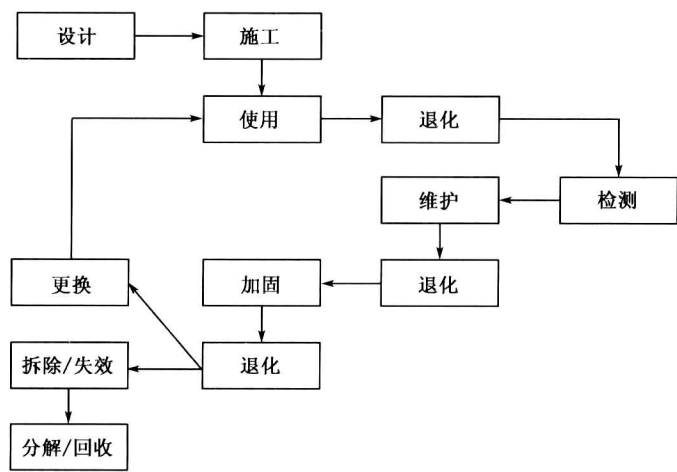


图 2.1 桥梁寿命期组成

一般来说,桥梁是规划、设计、施工、使用和养护期间决策和采取各种措施的产物,而桥梁全寿命设计是面向从规划、设计、施工、使用、拆除到材料的回收再利用的整个寿命期进行的设计^[126]。

2.1.2 桥梁全寿命设计需求

桥梁寿命期内的总体设计需求可概括为如图 2.2 所示的使用需求、人文需求、成本需求、环境需求等四个方面^[203]。

不同于传统的桥梁设计方法,桥梁全寿命设计面向桥梁的整个寿命期,首先明确业主、使用者和社会对于拟建桥梁项目的各种需求;然后将业主、使用者和社会的各种需求转化为技术



体系的性能要求,建立并优化结构方案以实现这些需求;并最终通过分析和计算,证明在整个设计使用生命周期内确实能够实现这些需求,从而最终实现桥梁良好的寿命期质量和性能。

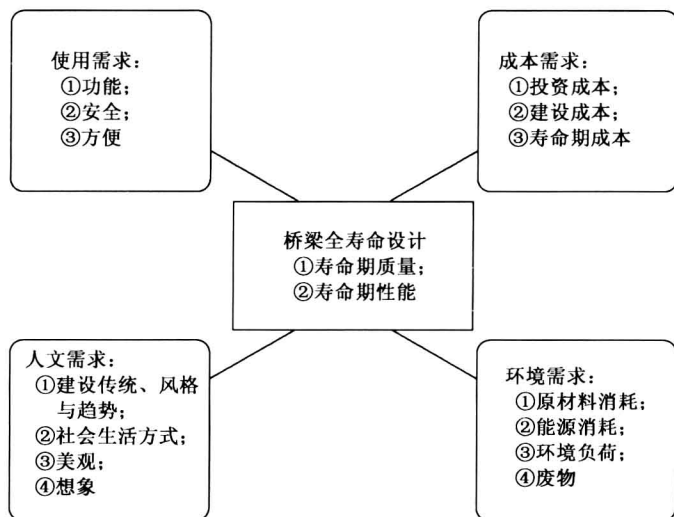


图 2.2 桥梁全寿命设计需求

2.2 桥梁及构件设计使用寿命确定

2.2.1 桥梁及构件设计使用寿命确定的要求

以前人们缺乏对桥梁设计使用寿命概念的认识,但由于结构的过早退化以及超出预期的、过大的养护与维修成本,近年来越来越关注桥梁的设计使用寿命问题。桥梁全寿命设计中最基本的问题就是确定一座桥梁的设计使用寿命应有多长及在设计中如何采取措施确保设计使用寿命的实现。要进行桥梁全寿命设计、分析和决策,必须要先明确桥梁寿命期的概念及桥梁设计使用寿命如何确定。

桥梁设计使用寿命包括桥梁整体设计使用寿命和桥梁构件设计使用寿命,它是桥梁全寿命设计中的重要设计参数。桥梁及构件设计使用寿命确定是桥梁全寿命设计中首要和至关重要的工作内容,将对后续设计工作产生影响。桥梁设计使用寿命应在规划阶段开始考虑,并结合桥梁全寿命设计需求合理确定,构件设计使用寿命可在桥梁设计使用寿命确定后拟定,通过后续设计和决策过程的优化和调整,在设计完成时最终确定^[119]。

作为基本的设计参数,桥梁整体和构件的设计使用寿命应在最终的桥梁设计文件中予以明确。

2.2.2 桥梁构件使用寿命的影响因素及典型病害

1) 桥梁构件使用寿命的影响因素

通过对 1968~2009 年我国 16 个省、市、自治区建成的不同桥型的 38 座典型桥梁的调查,