



International Association for  
Bridge Maintenance and Safety  
国际桥梁维护与安全协会



International Association for Bridge  
Maintenance and Safety China Group  
国际桥梁维护与安全协会中国团组

**Bridge Maintenance, Safety and Management:  
Refinement Research and Life Extension**

# **桥梁维护、安全与运营管理 ——精细化与寿命延长**

陈艾荣 冯良平 阮欣 编



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

# 桥梁维护、安全与运营管理

## ——精细化与寿命延长

陈艾荣 冯良平 阮欣 编



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

## 内 容 提 要

本书针对桥梁维护、安全与管理相关问题,开展了精细化分析方法与寿命延长技术的研究,包括:大跨径桥梁全桥结构安全与运营管理,大跨径桥梁主要构件温湿度场的变化机理与施工质量控制,钢桥构件的疲劳开裂机理与维护方法,基于面域应力的混凝土桥梁精细化研究,以及桥梁的组合加固技术研究。

本书可供从事桥梁设计、管理养护及相关研究人员使用,也可供高等院校相关专业的高年级本科生和研究生参考使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

桥梁维护、安全与运营管理:精细化与寿命延长 / 陈艾荣, 冯良平, 阮欣编. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017. 5

ISBN 978-7-114-13878-2

I. ①桥… II. ①陈… ②冯… ③阮… III. ①桥—维修 ②桥—安全管理 ③桥—运营管理 IV. ①U445.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 109492 号

书 名: 桥梁维护、安全与运营管理——精细化与寿命延长

著 作 者: 陈艾荣 冯良平 阮 欣

责任编辑: 曲 乐 李 娜

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: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 720×960 1/16

印 张: 22.5

字 数: 364 千

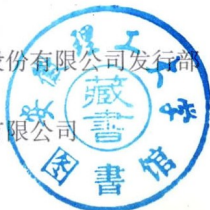
版 次: 2017 年 5 月 第 1 版

印 次: 2017 年 5 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13878-2

定 价: 85.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)





## 前言

1

自 20 世纪改革开放以来,我国建设了大量的桥梁工程,目前达到了桥梁维护与管理需求的高峰期,如何延长桥梁结构的使用寿命以及相应的精细化研究,正在成为国内乃至世界桥梁工程界的热点问题。国际桥梁养护与安全协会(International Association for Bridge Maintenance and Safety)是专注于这一领域的国际学术协会,它成立于 1999 年,协会的宗旨为提升桥梁养护、安全和管理领域的国际交流与合作,增强理论与实践之间的沟通,促进技术发展和创新。协会创建以来,通过主办和协办国际会议、技术论坛等活动,为桥梁管养相关领域的工程师、管理者 and 研究人员提供了一个相互了解和交流的平台,对促进领域发展做出了积极贡献。

国际桥梁养护与安全协会主办和协办的众多会议和专题活动中最为重要的是桥梁维护、安全和管理系列国际会议。自 2002 年起,逢双年,已分别于西班牙、日本、葡萄牙、韩国、美国、意大利、中国和巴西举办了八届会议,其中第七届会议于 2014 年在中国上海召开,会议吸引了来自近 40 个国家的 700 余位代表,收到 600 余篇论文摘要,并最终录用了 396 篇论文,会议组织了 48 场专题研讨会,获得了圆满成功。

在业内同仁的支持下,2012 年,在同济大学成立了国际桥梁养护与安全协会的中国团组(IABMAS-China Group),目的是促进和提升国内桥梁维护与安全领域内的研究及学术联系,促进领域内工程师、管理者和研究人员的学术交流。协会的主要活动是举办两年一次的全国桥梁维护与安全学术会议。2012 年,第一届会议与团组成立大会同期在同济大学召开,来自全国多



家高等院校与研究单位近 200 人参加,10 位特邀嘉宾在会上发表了主题演讲。会后,团组将部分演讲内容扩充整理,出版了《桥梁维护、安全与运营管理——技术与挑战》一书。2013 年 4 月第二届全国桥梁维护与安全学术会议在重庆交通大学召开,会议邀请了多位领域内顶尖专家学者发表了主题演讲,并选取了 40 篇高质量会议论文以《重庆交通大学学报》增刊的方式正式出版。2015 年 4 月第三届全国桥梁维护与安全学术会议在长安大学召开,会议吸引了超过 150 人参加,邀请了 12 位国内外知名专家学者发表了大会报告,并组织了 22 场分组报告。

在第三届会议成果的基础上,同时结合近两年来国内在桥梁安全、维护领域中的最新研究进展,我们邀请了来自工程单位和高等院校的 9 位专家,编写了本书。为提升桥梁维护与安全研究的精细化分析,实现桥梁工程寿命延长的目的,本书对大跨径桥梁的全桥安全性能与运营管理方法提供了指导,深入探讨了悬索桥主缆与斜拉桥桥塔等主要构件的关键问题,如温湿度场的变化机理与施工质量控制,研究了钢桥构件的疲劳开裂机理与维护方法,深化了基于面域应力的混凝土桥梁精细化以及组合加固技术研究。

在我国桥梁维护与安全领域研究需求的不断推动下,IABMAS 中国团组得到了迅速的发展,在国内和国际相关领域内的影响力日益增强。中国团组也将利用这一优势,更好地组织国内相关研究领域内的学术交流,进一步促进领域发展,为社会进步做出积极贡献。2017 年 6 月在长沙理工大学召开第四届全国桥梁维护与安全学术会议,就可持续桥梁、寿命周期设计、桥梁维护管养策略等研究主题开展广泛深入的讨论。在此也借这个机会,对关注与支持中国桥梁维护与安全领域发展的研究者与读者致以真诚的谢意。

由于时间紧迫,编者水平有限,书中难免有错漏,望广大读者不吝赐教。

国际桥梁维护与安全协会中国团组 主席

陈艾荣

2017 年 5 月



|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第1章 大跨径桥梁管养挑战与实践 .....    | 1  |
| 1.1 引言 .....              | 1  |
| 1.2 大跨径桥梁养护工作面临的挑战 .....  | 3  |
| 1.3 管养模式及制度设计 .....       | 6  |
| 1.4 检修通道全覆盖设计 .....       | 11 |
| 1.5 典型病害成因及解决对策 .....     | 20 |
| 1.6 结语 .....              | 31 |
| 第2章 钢箱梁横隔板疲劳开裂机理及补强 ..... | 33 |
| 2.1 引言 .....              | 33 |
| 2.2 桥梁概况与疲劳病害 .....       | 35 |
| 2.3 补强方案设计 .....          | 37 |
| 2.4 数值模型建立要点 .....        | 39 |
| 2.5 补强效果的数值分析 .....       | 42 |
| 2.6 结语 .....              | 53 |
| 本章参考文献 .....              | 54 |
| 第3章 钢桥疲劳冷维护方法研究与应用 .....  | 57 |
| 3.1 引言 .....              | 57 |
| 3.2 钢桥疲劳维护方法 .....        | 59 |
| 3.3 冷维护方法的试验研究 .....      | 66 |



|            |                                   |            |
|------------|-----------------------------------|------------|
| 3.4        | 针对面外变形疲劳问题的工程应用 .....             | 72         |
| 3.5        | 针对正交异性钢桥面板疲劳问题的工程应用 .....         | 74         |
| 3.6        | 结语 .....                          | 84         |
|            | 本章参考文献 .....                      | 85         |
| <b>第4章</b> | <b>悬索桥主缆内部温湿度变化机理 .....</b>       | <b>90</b>  |
| 4.1        | 引言 .....                          | 90         |
| 4.2        | 室外温湿度监测试验 .....                   | 92         |
| 4.3        | 缩尺模型试验 .....                      | 96         |
| 4.4        | 数值模拟与分析 .....                     | 104        |
| 4.5        | 主缆内部温湿度变化机理 .....                 | 114        |
| 4.6        | 结语 .....                          | 115        |
|            | 本章参考文献 .....                      | 115        |
| <b>第5章</b> | <b>桥梁车致火灾概率模型 .....</b>           | <b>120</b> |
| 5.1        | 引言 .....                          | 120        |
| 5.2        | 基于熵权模糊层次分析的综合评价模型 .....           | 121        |
| 5.3        | 桥梁火灾频率评价标准 .....                  | 132        |
| 5.4        | 桥梁火灾年发生概率计算 .....                 | 135        |
| 5.5        | 应用实例 .....                        | 135        |
| 5.6        | 结语 .....                          | 143        |
|            | 本章参考文献 .....                      | 144        |
| <b>第6章</b> | <b>拉挤 GFRP 型材湿热老化性能 .....</b>     | <b>147</b> |
| 6.1        | 引言 .....                          | 147        |
| 6.2        | GFRP 材料湿热老化机理 .....               | 148        |
| 6.3        | FRP 层合板吸湿理论 .....                 | 151        |
| 6.4        | FRP 层合板弯曲长期性能预测 .....             | 163        |
| 6.5        | 结语 .....                          | 181        |
|            | 本章参考文献 .....                      | 181        |
| <b>第7章</b> | <b>基于面域应力的混凝土桥梁精细化分析与设计 .....</b> | <b>185</b> |
| 7.1        | 引言 .....                          | 185        |
| 7.2        | 空间网格模型的基本理论 .....                 | 188        |

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| 7.3 基于面域应力的配筋设计方法 .....              | 195        |
| 7.4 工程算例 .....                       | 199        |
| 7.5 结语 .....                         | 221        |
| 本章参考文献 .....                         | 221        |
| <b>第8章 混凝土桥梁组合加固新技术研究与应用 .....</b>   | <b>225</b> |
| 8.1 引言 .....                         | 225        |
| 8.2 组合加固新技术模型试验 .....                | 227        |
| 8.3 组合加固新技术足尺试验 .....                | 235        |
| 8.4 组合加固新技术工程应用 .....                | 243        |
| 8.5 结语 .....                         | 246        |
| 本章参考文献 .....                         | 247        |
| <b>第9章 超高混凝土桥塔的施工质量控制和品质提升 .....</b> | <b>252</b> |
| 9.1 引言 .....                         | 252        |
| 9.2 芜湖二桥桥塔概况 .....                   | 253        |
| 9.3 柱式塔分区段温控方法 .....                 | 255        |
| 9.4 复杂构件部品化安装技术 .....                | 270        |
| 9.5 施工工艺标准化管控体系 .....                | 279        |
| 9.6 结语 .....                         | 286        |
| 本章参考文献 .....                         | 287        |
| <b>第10章 混凝土斜拉桥桥塔时变温度场特性 .....</b>    | <b>289</b> |
| 10.1 引言 .....                        | 289        |
| 10.2 桥塔温度作用 .....                    | 290        |
| 10.3 整体截面桥塔非线性温度场分析 .....            | 294        |
| 10.4 桥塔非线性温度场影响因素的参数分析 .....         | 334        |
| 10.5 结语 .....                        | 348        |
| 本章参考文献 .....                         | 350        |

# 第1章 大跨径桥梁管养挑战与实践



冯良平,胡斌

中交公路规划设计院有限公司,北京市德胜门外大街85号,  
100088

1

## 1.1 引言

我国拥有众多宽阔的河流、峡谷和漫长的海岸线。为了适应交通运输的需要,中国政府在近20年的时间内投入巨资,在国省道干线公路跨越江、河、湖、海的咽喉控制部位,建设了大量的长、大跨径桥梁。根据交通运输部2001—2015年的统计数据表明,我国公路桥梁总数从2001年底的28.4万座发展到2015年底的77.92万座,仅用了15年时间,每年新增的公路桥梁数量平均超过3万座。图1.1、图1.2分别为近年来我国公路桥梁数量增长变化,以及公路桥梁中特大型桥梁数量增长变化。

经多年发展,现阶段我国桥梁养护管理制度已形成初步体系。交通运输部先后颁发了《公路桥涵养护规范》(JTG H11—2004)、《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21—2011)、《公路桥梁承载能力检测评定规程》(JTG/T J21—2011),用以规范各项养护评定工作。同时,交通运输部《关于印发〈公路桥梁养护管理工作制度〉的通知》(交公路发〔2007〕336号)、《交



交通运输部关于进一步加强公路桥梁养护管理的若干意见》(交公路发〔2013〕321号)两项管理文件,其对桥梁养护工作作出较为详细的规定。相关资料表明,十二五期间,我国大型桥梁管养规范化水平不断提高。

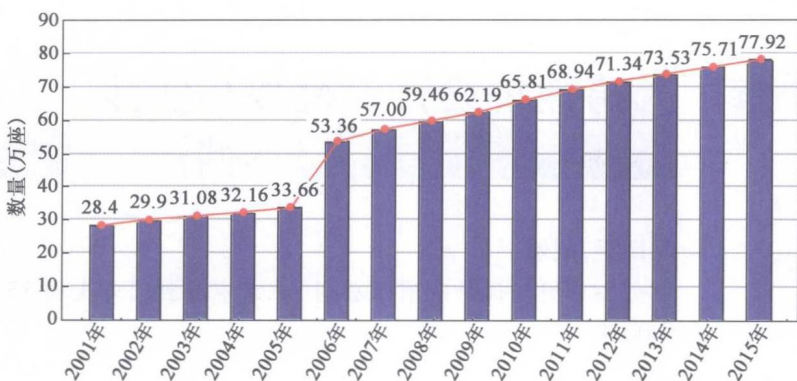


图 1.1 2001—2015 年公路桥梁数量增长变化



图 1.2 2004—2015 年特大桥梁数量增长变化

但是,大跨径桥梁的养护工作具有养护盲区多、易损构件多、养护投资多的特点,而相应的养护标准、养护经验和专业养护队伍却很缺乏。

同时,大跨径桥梁病害频发。根据十二五期间调研结果,我国大跨径桥梁普遍存在拉索(吊杆)护套破损、拉索(吊杆)振动异常、索夹滑落、吊杆腐蚀断裂、钢箱梁疲劳开裂、钢桥面铺装破损、锚碇渗水、叠合梁桥面板开裂渗水、螺栓损伤、预应力混凝土连续刚构桥下挠超限等典型病害。因此,大跨径桥梁的管养水平还需要进一步提高。

## 1.2 大跨径桥梁养护工作面临的挑战

### 1.2.1 管养模式及制度不完善

通常而言,悬索桥、斜拉桥、大跨拱桥和预应力混凝土梁桥等桥梁的设计、施工技术难度要高于我国公路上常见的中小桥梁。当桥梁投入使用,进入后期运营管理阶段后,长大桥梁的管养技术、检查实施的工作量、养护维修的复杂程度等方面也同样比常规的中小桥梁要求要高。

这些特殊结构桥梁,缺少现成的管理模式和经验可供借鉴,加之各地区的经济和社会发展水平不平衡,具体条件和情况不一样,这就有了目前各地特殊结构桥梁管理模式百花齐放的局面。根据实践经验,主要存在以下问题。

(1) 养护管理体制不顺,机构设置复杂。目前,我国公路桥梁养护管理存在“管养一体”和“管养分离”两种模式,其中“管养一体”模式比较普遍。许多公路桥梁养护管理仍然套用事业型养护管理体制,职责不明、责任不清,束缚了养护技术水平的提高。

(2) 养护运行机制落后,创新力度不够。主要表现在:养护市场封闭运作、养护市场化模式尚未确定、养护市场主体尚未完全形成、养护市场各项制度尚不完善等等。

(3) 养护队伍臃肿,技术力量薄弱。各地养护机构重复设置,非生产人员膨胀,养护队伍臃肿,人浮于事现象比较严重,从而使得养护经费被挤占、养护队伍素质下降等问题产生。

(4) 用工制度僵化,分配形式不活。随着公路桥梁的发展,科学技术和现代机械在养护中的作用越来越突出。这就使养护单位,一方面急需专、精、尖人才,而另一方面无法解决“不能胜任”工作的职工安置问题,从而导致内部人员出不去,外部人才进不来的“两难”境地。

(5) 养护体系不健全,无法实现“预防性养护”要求。目前各地公路桥梁养护在很大程度上是被动养护,主要表现为疲于应付各种病害,缺乏运营使用过程中的路况调查、病害预测以及适时养护决策和养护规划。

(6) 法规建设滞后,影响养护市场化进程。近几年来,一系列公路法规的颁布实施,对公路建设、养护和管理起到了一定的积极作用。但从整体上



看,公路法规体系尚不配套,尤其是高速公路管理与养护的相关法律法规体系建设,难以适应突飞猛进的高速公路建设和养护体制改革的要求。

同时,绝大多数大跨径桥梁均已编制养护手册,但养护规划比较缺乏,大部分养护单位处于被动养护的状态,“头痛医头,脚痛医脚”,达不到预防性养护的要求,主要表现在以下三个方面:

(1) 由于没有对桥梁结构做有效的风险评估和易损性分析,所以无法掌握结构的薄弱位置。在经常检查和定期检查中,没有重点,导致在出现损伤的初期,无法及时发现损伤。

(2) 由于没有提前做好技术储备,当发现结构损伤时,无法判断损伤原因,也无法及时形成有效的补救方案。

(3) 由于对未来养护费用的规模缺乏了解,在桥梁损伤集中爆发时,无法筹备足够的资金进行维修,导致损伤恶化,甚至产生安全事故。

但这个阶段只是暂时的,随着我国社会生产力的不断提高,公路桥梁养护市场化程度正在逐渐深化。

#### 1.2.2 检修通道设置不全且维修被忽视

桥梁在服役过程中,由于受到诸如施工缺陷、材料退化、极端荷载和偶然事故等各种内外因素的作用和影响,结构安全性不能得到完全保障,需通过检测、养护、维修、加固等措施确保运营安全。检修通道的设置,对于养护工作的开展至关重要,检修通道设置不全或者维修不及时,会增加整体结构运营风险。

近期对涉及的40座桥梁检修通道情况进行调查,发现部分桥梁检修通道设置不全,且已设置的部分检修通道也存在保养问题,主要问题如下:

##### (1) 检修通道疏于管理与维护

巡检过程中发现,由于管养单位疏于对检修通道的管理与维护,多数检修通道产生了一定病害,影响了其使用性能,部分通道甚至存在安全隐患。

##### (2) 桥梁主要构件未设置检修通道或通道设计不合理

桥梁的主要构件未设置检修通道或通道设计不合理导致无法使用,是长大桥养护的重要问题。

###### ① 未设置检修通道

40座检查桥梁中,主梁内部不可进入的桥梁为6座梁桥、一座斜拉桥,不能进入的原因主要为未设置人孔或人孔设计不合理。

在设计阶段,由于设计人员对桥梁运营期的养护管理认识不足,为方便起见,往往不进行检修通道的设计。结构一旦建成后,由于某些构件或部位不具有检修通道,工作人员无法对这些位置进行检查,导致了养护盲区。

### ②检修通道设计不合理

在巡检过程中发现,12座拱桥的拱上结构均具备相应的通道,大多数均为拱肋自身或依附拱肋而建的结构,但检查的范围和深度存在问题,不能覆盖所有的拱上结构,箱形拱桥、肋拱桥可借助桥梁检测车到达拱桥拱顶截面上缘位置及其附近下缘位置,其余位置,如拱脚至主拱圈 $1/4$ 处均难以抵近检查。

### (3) 缆索体系桥梁桥塔外部、斜拉索或吊索的检查问题

大部分的缆索体系桥梁在桥塔外不设置检修通道。对于斜拉索或吊索,由于数量较多、长度不一,很难设置合适的检修通道进行检查。另外,除了结构检查方面的问题,由于不具备相应的检修通道,管养单位对缆索体系桥梁桥塔外部以及索结构的维修问题一直是桥梁养护工作中的难点。

## 1.2.3 典型病害频发

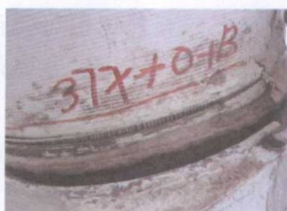
自20世纪90年代起,我国大跨径桥梁取得了大规模的发展。苏通大桥、西堠门大桥等具有里程碑意义的大跨径桥梁相继建成。这些桥梁整体运营状况良好,但也暴露了一些典型的病害,如拉索护套破损、拉索(吊杆)振动异常、索夹滑移、吊杆腐蚀断裂、钢箱梁疲劳开裂、钢桥面铺装破损、锚碇渗水、叠合梁桥面板开裂渗水、连续刚构桥跨中下挠等,具体病害形式如图1.3所示。



a) 拉索PE护套环形开裂

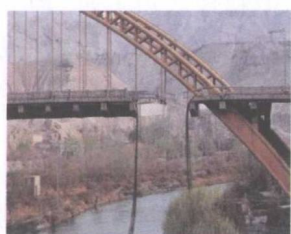


b) 阻尼器损坏导致拉索振动异常



c) 索夹滑移

图 1.3



d) 吊杆腐蚀断裂导致桥梁垮塌



e) 钢箱梁桥面板疲劳开裂



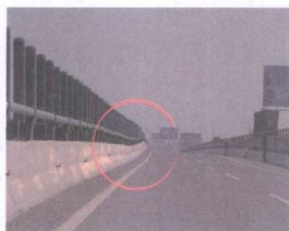
f) 钢桥面铺装破损



g) 锚碇渗水



h) 叠合梁桥面板渗水导致钢梁腐蚀



i) 连续刚构桥跨中下挠

图 1.3 大跨径桥梁主要病害

经过 20 余年的养护运营,针对这些病害的成因、预防和处治措施,已经取得了一些成功的经验,值得总结。

## 1.3 管养模式及制度设计

### 1.3.1 管养模式设计

总体来讲,我国桥梁的养护工作正在朝着市场化、专业化的方向发展,国家十三五规划中对公路养护等事业也提出了政府行政管理机构向社会采购服务的市场化发展思路。

大桥养护的市场化、专业化具有突出的优点:有利于提高养护质量和工作效率,充分发挥职工的积极性;有利于强化行业管理职能,节省资金;有利于拓宽融资渠道,体现大桥的商品属性,促进大桥的滚动发展;能够改变传统的养护作业方式,逐步走向机械化养护和养护科学化;能使管养工作同时得到加强,有利于建立有效的监督制约机制,提高养护企业素质和养护水平等。表 1.1 是传统养护与市场化、专业化养护模式的对比。

传统养护与市场化、专业化养护模式的对比

表 1.1

| 项目     | 传统养护模式                                                    | 市场化、专业化养护模式                                         |
|--------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 人员和设备  | 设置庞大的养护队伍,需要各方面管理人员和操作人员                                  | 不设自己的养护队伍                                           |
|        | 担负整个工区日常消耗和闲暇时人员工资、设备保养、折旧                                | 因为是工程量承包方式,养护中不负担闲置人员和设备费用                          |
|        | 为了满足机械施工,机械设备必须配置大量的机械设备                                  | 采用租赁的方式,节省大笔购置养护设备费用                                |
|        | 设备昂贵且闲置较多,很难发挥其应有作用,致使台班单价提高                              | 减少设备闲置,增加设备使用频率,降低设备台班费                             |
|        | 购置必需的养护设备,同时还必须负担设备的维修保养                                  | 只负担设备使用费,不负担设备购置费和闲置时任何费用                           |
|        | 负担养护机构的全部费用(包括医疗、养老、工伤等)                                  | 只负担工程造价费用,其他费用推向社会                                  |
| 效率和积极性 | 养护经费挪、截、卡、要现象相当普遍                                         | 建立养护管理计划体系,养护经费专款专用,符合市场经济的运行机制                     |
|        | 因管理模式缺乏活力,养护效率相对较低,人员积极性差                                 | 养护效率高,养护人员积极性强                                      |
| 效益     | 不分专业,不分内容,大小程都均由自己的养护工区实施,专业程度低,管理层次多,施工质量和水平均受局限         | 根据养护工程需要,优先选择社会专业化施工队伍,引入竞争机制,提高管理水平和质量要求,同时降低了工程成本 |
|        | 由于各高速公路相对独立,设备造价又高,很少相互借用,造成机械设备大量购置、闲置,无形中增加了使用成本和社会资源浪费 | 减少机械设备闲置,也相当于减少重置浪费,提高整个社会经济效益                      |
| 风险     | 承担养护全过程风险                                                 | 由养护管理公司和养护施工单位共同承担养护过程中的风险                          |

根据长大桥梁管养的特点,推荐如下的管理方法:

(1)国内管养状况良好的桥梁,均特别重视利用建设期的技术资源,大桥管养有以下几种形式:

①原建设指挥部直接转为管养单位,建设期管理人员转为管养人员。



②原建设期关键性管理人员延续到运营期担任主要管养人员。

③成立专家委员会,建设期业主、设计、施工关键人员成为专家委员会专家,参与大桥养护,例如杭州湾跨海大桥。

④委托建设期关键参建单位直接负责大桥养护工作。例如,铜陵大桥建设单位委托中交公路规划设计院有限公司负责全桥的经常检查、定期检查、小修保养等工作。

针对处于建设期的桥梁,可采用上述各种方式。对于已经处于运营期的桥梁,可重点考虑③④两种模式。

(2)采用管理型的管养模式,大桥养护工作走专业化养护的路线,积极调动社会力量。公司内部形成精干的管理团队,具体管理模式可选用养护总承包模式或分项养护的模式。

(3)如采用养护总承包模式,有如下建议:

①建议管理公司通过公开招投标形式,择优选择一家专业的养护公司承担桥隧结构的养护咨询、日常巡查、经常检查、定期检查、小修保养、加固维修设计工作。养护公司应相对固定,合同期限可为3~5年。

②管理公司委托养护承担单位作为养护咨询方。养护承担单位为管理公司编制合同期限内的养护规划,并每年为管理公司编制年度养护计划。年度养护计划经管理公司审批通过后实施。养护咨询费用每年固定。

③管理公司委托养护承担单位承担相应路段的日常巡查和经常检查工作。经常检查每月进行一次,覆盖路段的所有桥梁。日常巡查费用、经常检查费用每年固定。

④管理公司委托养护承担单位承担相应路段的定期检查工作。一般结构物三年覆盖一次,特大型桥梁结构每年检测一次。定期检查费用每年固定。

⑤管理公司委托养护承担单位作为该路段的加固设计承担单位。在主合同的基础上,每年根据年度养护计划,将当年的加固设计任务打包与养护承担单位签订补充合同。在发生突发事件造成桥梁损伤时,养护承担单位应及时为甲方提供损伤分析与加固设计服务。为保证加固效果,养护承担单位可以以监理、监控或施工单位联合体的形式参与重大的加固施工项目。

⑥管理公司委托养护承担单位承担该路段桥梁的小修保养工作。保养内容,包括裂缝封闭、灌浆,混凝土缺损修补,路面修补,交通安全设施更换,排水管道疏通,钢构件防腐除锈等内容。管理公司与养护承担单位约定单价

和初估工程量。每年按照实际发生工程量结算。

(4) 如采用分项养护模式,有以下建议:

①建议管理公司通过公开招投标形式,择优选择一家专业的养护公司承担大桥的经常检查和小修保养工作。养护公司应相对固定,合同期限可为3~5年。

②建议管理公司委托相对固定的检测单位承担大桥的定期检查工作。合同期限可为3~5年。

③建议管理公司针对支座、伸缩缝、斜拉索、吊杆等关键易损构件,委托厂家、设计单位或有相应能力的单位实行专项养护,每年定期进行检查保养。例如,南京二桥每年委托玛格巴公司做伸缩缝的养护工作;杭州湾跨海大桥每年委托宁波路宝公司做伸缩缝的养护工作。

④建议管理公司每年委托固定单位汇总各家养护公司的养护成果及定期检查成果,对大桥做综合评估,作为下一年度养护计划的依据。

⑤管理公司可与可靠单位签订战略合作协议,由该单位承担管理公司的养护咨询工作,帮助管理公司建立管理制度、架构养护管理系统、编制养护手册、编制养护规划,提供加固设计服务等。

### 1.3.2 管养制度设计

特大型桥梁的养护工作,需要完善的制度体系作为保证。管养期主要制度及修编周期列举见表1.2。

管养期主要制度

表 1.2

| 序号 | 制度名称      | 制 度 内 容                                                                                | 修编周期 |
|----|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1  | 《中长期养护规划》 | 应对大桥10~30年内的养护工作进行规划,内容应包括规划期内的养护目标、养护准则、养护计划、投资估算等                                    | 4    |
| 2  | 《养护手册》    | 应包括大桥主体结构的养护手册和大桥机电系统的养护手册两大部分。《养护手册》的编制,应以风险评估和构件易损性分析为基础,并应符合大桥中长期养护规划和大桥专用养护标准的规定   | 3    |
| 3  | 《专用养护标准》  | 应包括大桥主体结构的养护标准和大桥机电系统的养护标准两大部分。养护标准应以现行的养护规范、评估规范为基础,结合大桥的结构特点制订,并应包含检查标准、养护维修标准、评估标准等 | 4    |