

图说城市基础设施病害与对策丛书 丛书主编 宋波

图说 城市桥梁病害与对策

宋波 编著

地表的凸起

软土层

弱力层



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图说城市基础设施病害与对策丛书 丛书主编 宋波

图说城市桥梁病害与对策

宋波 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以图文并茂的形式,详细介绍了不同桥型常见的病害特征表现、监测检查方式,并给出了针对性的处理建议。全书共分五章,内容包括概述,桥梁上部结构的外观检查,桥梁下部结构的外观检查,桥梁震害调查,城市桥梁外观检查图表示例。

本书可供从事桥梁养护工作的技术人员和管理人员学习使用,也可供从事桥梁工程相关专业的大中专院校学生或科研工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

图说城市桥梁病害与对策 / 宋波编著. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2014. 6

(图说城市基础设施病害与对策丛书)
ISBN 978-7-5170-2225-1

I. ①图… II. ①宋… III. ①城市桥—病害—防治—
图解 IV. ①U445.7-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第142271号

书 名	图说城市基础设施病害与对策丛书 图说城市桥梁病害与对策
作 者	宋波 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 88367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京鑫丰华彩印有限公司
规 格	145mm×210mm 32开本 5.75印张 155千字
版 次	2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	28.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



丛书编委会

主 编 宋 波

副主编 李 亮

编 委 李永录 林 忠 王 达 苏经宇
陈奇辰

本书编委会

主 编 宋 波

参 编 黄 帅 李凯文 朱宏博 齐福强
曹 野 毕泽峰 卞淑媛

作者简介



宋波教授，北京科技大学土木工程系副主任，博士生导师。中国土木学会防震减灾技术推广委员会委员、中国建筑学会抗倒塌学会理事、中国振动工程学会土动力学会理事、日本国家注册工程师、全国市政公用设施抗震专项论证专家库专家。

1982年毕业于大连理工大学，获学士学位。1995年毕业于日本横滨国立大学，获工学博士学位。主要研究方向为桥梁结构，防灾与减灾工程。先后担任科技部863项目评审专家，国务院学位办博士点评审专家等。

宋波教授长期从事桥梁的设计与研究。作为主要完成人，承担了主跨度381米的跨海大桥的构造设计与抗震抗风研究等重要内容，主持东京一名古屋第二高速公路等多项重点桥梁建设项目的设计与研究工作。先后完成国家、省部级科研与重点工程项目50多项，专利2项。以第一作者身份在国内国际学术刊物上发表论文90余篇。已通过鉴定的科研成果达到国际领先水平的2项，获得部级科技进步一等奖二项，三等奖二项。目前在研项目有城市大型及重要建筑防治关键技术研究（国家“十一五”科技支撑计划）以及国家自然科学基金重大研究计划：重大工程的动力灾变—考虑结构与环境介质的动力耦合效应的千米级大桥的抗灾分析关键技术研究等10项国家及省部级重点项目。
(songbo@ces.ustb.edu.cn)



丛 书 序

随着我国城镇化的不断发展，城市人口越来越多，同时城市中各类基础设施正呈多样化、复杂化、密集化的发展趋势。城市居民对桥梁，道路，建、构筑物等基础设施的依赖程度越来越高。当这些工程设施在使用中，由于长年累月的环境荷载作用会出现各类病害，尤其是当遭遇地震、飓风、暴雨、泥石流等自然灾害时，往往会导致工程结构的严重破坏，最终会引起巨大的人员伤亡和财产损失，因此，需要定期对工程结构进行病害普查，对病害位置进行养护和加固。

由于不同工程结构产生病害与破坏的原因多种多样、机理复杂，导致一线养护技术人员难以直观地了解工程结构的病害与破坏，对提高技术人员的技术水平造成了阻碍。因此，我们编写了这套“图说城市基础设施病害与对策”丛书。

本丛书包括 5 个分册，分别为：《图说城市道路病害与对策》、《图说城市园林景观病害与对策》、《图说城市基础设施病害与对策》、《图说城市建构筑物病害与对策》、《图说城市桥梁病害与对策》。本丛书以城市主要工程设施为对象，结合相关结构养护规程、规范要求，通过大量实际工程病害图片，从工程结构病害现象出发，直接给出相对应的养护、加固、维修措施。

各分册均配备了大量的图片，以图片取代繁复的文字描述，将多种结构病害形式图片化，化繁为简，简明实用，使读者能快速直观掌握各类工程结构病害的养护、加固方法。本丛书既可作为一线养护技术人员、工程结构管理人员的培训教材，也可作为大中专院校土木工程相关专业的教材参考书。

希望大家能够喜欢这套丛书，也真诚希望广大读者能对本丛书提出宝贵意见和建议，以便今后进一步修订完善。

丛书主编：宋波

2014 年 4 月

于北京



序

道路和桥梁是国家的交通基础设施，对国民经济的发展起着重要的作用。在过去的 20 年中，我国交通基础设施的建设经历了一个飞速发展的时期，大量的公路与市政道路桥梁得以建成，并在经济建设中发挥了促进作用。随着大量桥梁服役年限的提高，在荷载和环境的共同作用下，各种各样的病害相继产生，对桥梁的安全运营造成了隐患。重视已建结构的健康状况，对其服役状态进行及时评价，首先要从日常养护工作中对桥梁状况的检查与维护做起，对发现的潜在隐患分门别类，制定出相应的应急预案采取合理的措施，可以大大降低地震等突发灾害条件下桥梁的损伤程度，最大程度地减少灾害引起的损失。

《图说城市桥梁病害与对策》一书，结合国家新近颁布的有关法规和规范对桥梁养护工作提出的要求，从理论和实践两个方面对桥梁养护工作中的外观检查及病害机理进行了较为全面的阐述和分析。作者长期从事城市基础设施的设计研究，在桥梁损伤诊断方面积累了丰富的经验。该书集国内外桥梁病害、震害研究所积累的大量第一手资料，通过照片、文字说明以及图解的形式，对桥梁检查中经常遇到的各种病害的外在表现和形成机理进行了分析，并对养护维修措施提出了相应的建议，这对我国在役桥梁的管理和养护工作具有积极的参考意义。书中一些关于桥梁震害调查的资料照片，有很多是作者拍摄于 1995 年神户地震当日，对于桥梁设计与研究具有较高的科学研究价值。

综观目前国内外出版的专著，专门针对桥梁外观检查与病害机理分析并以大量图片资料进行说明的并不多见，本书融理论分析、实践经验和鲜明的实例讲解于一体，反映了我国桥梁结构养

护维修领域研究工作的先进水平，这不仅可以作为从事桥梁管理、维护和科研人员的参考书，而且还可以作为大专院校土木类专业的教学参考用书。相信该书的出版，对提高我国道路桥梁等生命线工程的养护管理水平，尽可能地降低灾害条件下的经济损失，将发挥重要的作用。

中国工程院院士



2014 年 4 月

于北京



前 言

自 1978 年冬改革开放以来,我国城市桥梁发展进入了速度最快,规模最大,最具有活力的时期。城市桥梁的建设由城市立交桥为代表的中等跨度连续梁、简支梁连续桥面桥梁为主转向了完善城市路网结构,改善城市环境、注重城市景观,将桥梁作为城市标志、城市景点为主的新时代。2003 年以来,全国已连续 8 年将超过 2000 亿元的投资用于城市道路桥梁建设,2009 年达到 4950.6 亿元。截至 2012 年末,全国公路桥梁已达 62 万座,比 2001 年增长了 2.1 倍,其中城市桥梁达到 5.11 万座,9 年平均年增长率达 47.7%。

随着交通量的增长,早先修建的桥梁开始出现不同程度的病害,业界越来越认识到城市桥梁养护管理的重要性。目前欧洲范围内每年由于钢筋腐蚀引起的经济损失约为 145 亿欧元,美国每年在公路桥梁的维修方面也耗资 500 亿美元。事实上,我国 2011 年底的统计数据已表明,在我国现有的 71.34 万座桥梁中,危桥占到 13%。在一些城市,车辆超载猖獗,管理难度不断加大,桥梁事故屡见不鲜;此外,不合理的桥梁养护方案,也导致了养护费用逐年攀升,居高不下。

在这种形势下,住房和城乡建设部于 2003 年颁布了《城市桥梁养护技术规范》(CJJ 99—2003),对我国城市桥梁的养护从技术上制定了明确的标准,为科学、规范的桥梁养护管理提供了依据。该《规范》规定,桥梁的检查可分为经常检查、定期检查及特殊检查 3 种类型,而在这 3 种类型的检查中,对桥梁结构进行外观检查都是必不可少的关键环节。桥梁的外观检查,不仅可以迅速获得第一手的资料,而且有经验的桥梁工程师还能迅速判

断病害的原因，确定其严重性，为快速制定加固、修补方案创造条件。在备有桥梁评估专家系统的单位，外观检查中获取的资料也是不可或缺的基础数据。

本书共分为五章，由宋波担任主编，负责内容编排设计、部分内容的撰写和全书的统稿。参加本书编写与修订的还有北京科技大学防灾减灾研究所的黄帅、李凯文、朱宏博、齐福强、曹野、毕泽峰、卞淑媛。

作者在长期从事桥梁养护工作的实践中，积累了大量第一手的现场资料，主要是不同桥梁病害类型的照片，根据桥梁病害的不同类型进行了分类。外观检查中获得的现象，是桥梁病害本质的外在反映。本书力图通过对不同桥梁病害的外观与本质机理对应分析，提示桥梁外观检查的要点与注意事项，望能为广大桥梁养护工作者提供参考。限于国内城市桥梁病害检查方面公开出版物极少且作者水平有限，书中难免有不妥之处，恳切希望广大读者在使用本书时给予关注，并将意见和建议及时反馈给我们，以便完善本书的内容。

编者

2014 年 4 月

于北京

目 录

丛书序

序

前言

第一章 概述	1
第一节 桥梁外观检查的意义	1
第二节 城市桥梁外观检查要点	4
第三节 城市桥梁病害示例	13
第二章 桥梁上部结构的外观检查	17
第一节 桥面系的外观检查	17
第二节 伸缩缝的外观检查	39
第三节 桥梁支座的外观检查	44
第四节 钢筋混凝土梁桥的外观检查	56
第五节 钢桥的外观检查	68
第三章 桥梁下部结构的外观检查	80
第一节 桥墩病害的外观检查	80
第二节 桥台病害的外观检查	104
第四章 桥梁震害调查	128
第一节 桥梁震后检查的意义	128
第二节 常见桥梁震害示例	129

第三节 桥梁抗震加固	158
第五章 城市桥梁外观检查图表示例	161
第一节 城市桥梁资料卡	161
第二节 城市桥梁日常巡检日报表	164
第三节 城市桥梁结构定期检查现场记录表	166
参考文献	171

第一章 概 述

第一节 桥梁外观检查的意义

城市桥梁是道路网络中十分重要的组成部分，是交通大动脉畅通的重要保障。截至 2012 年底，全国已建成桥梁达 71.34 万座，特大桥梁 2688 座，大桥 6.17 万座，其中相当多的桥梁已经投入使用了几年乃至几十年。庞大的基数，也就意味着艰巨的养护任务，一些难以被发现的隐性问题也往往成为桥梁杀手。桥梁结构从投入使用的那一刻起，就承受着荷载、自然环境的共同作用，同时还面临着意外事故导致损坏的可能。随着公路技术标准的提高，原有桥梁设计标准偏低、承载能力不足、通行能力不足的问题就逐步凸显出来，因此应及时进行养护。我国《中华人民共和国公路法》第三十五条提出了“应对公路进行养护，保证公路经常处于良好的技术状态”的要求，确定了桥涵养护的目的是“保持桥涵处于正常使用状态，保证行车通畅、安全”。为贯彻《中华人民共和国公路法》的要求，建设部 2003 年 12 月 4 日发布实施了《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99—2003），规定对于已竣工的城市桥梁的养护可参照使用。而对于一些特殊桥梁，如一些轻轨高架桥梁的养护不适用。

《城市桥梁养护技术规范》（CJJ 99—2003）（以下简称《规范》）规定的桥涵养护工作的主要内容和基本要求包括以下六个方面的内容。

- （1）检测评估。
- （2）采集更新数据。
- （3）养护。

- (4) 维修和安全防护。
- (5) 环保及防灾。
- (6) 建立档案和数据库。

从规范的六大内容来看，首先，对桥梁进行检测评估是桥涵养护的重要内容。桥涵检查又分为经常检查、定期检测和特殊检测。

(1) 经常检查主要指对结构变异、桥及桥区施工作业情况的检查和桥面系、限载标志、交通标志及附属设施等的技术状况进行的日常巡检。

(2) 定期检查是为了评定桥梁的使用功能，为制订养护计划提供基本数据，对桥梁的主体结构及其附属构造物的技术状况进行的全面检查，可为桥梁养护管理系统搜集结构技术状态的动态数据。

(3) 桥梁的特殊检查是查清桥梁病害的原因、破损程度、承载能力、抗灾能力、确定桥梁技术状况的工作，又分为专门检查和应急检查。

1) 专门检查是指根据经常检查和定期检查的结果，对需要进一步判明损坏原因、缺损程度或使用能力的桥梁，针对病害进行现场试验检测、验算与分析等鉴定工作。

2) 应急检查则是在桥梁受到灾害性损伤后，为了查明破损状况，采取应急措施组织恢复交通，而对桥梁进行的详细检查和鉴定工作。

《规范》规定，桥梁经常检查的周期，根据桥梁的技术状况，一般每月不得少于一次，汛期应加强不定期检查。桥梁经常检查的方法主要是采用目测的方法，也可配合简单的工具进行测量，并当场填写“桥梁经常检查记录表”（详见第五章表 5-2），现场检查时，应“现场登记所检查项目的缺损类型，估计缺损范围和养护工作量，提出相应的小修保养措施”。规范的这一规定有两层含义：第一，通过目测的方法，对桥梁进行外观检查，是桥梁经常检查的主要手段；第二，在桥梁外观检查中，养护人员应

能根据桥梁病害的外在表现，分析、判断桥梁病害的严重性，正确地估算出养护工作量的大小。

《规范》规定，桥梁定期检查是以目测观察结合仪器观测进行，必须接近各部件，仔细检查其缺损情况，以现场校核桥梁基本数据并实地判断缺损的原因，确定维修范围及方式，对难以判断损坏原因和程度的部件，应提出特殊检查（专门检查）的要求。可见，桥梁外观检查不仅是经常检查的重要手段，同时也是桥梁定期检查的重要方法，在定期检查中，要有能力根据桥梁病害表现判断其原因，确定维修的范围和方式，这对养护人员的专业技能提出了更高的要求。

桥梁特殊检查是在以下四种情况下进行的，一是在定期检查中难以判明损坏的原因及程度；二是在桥梁的一般评定中，技术状况被评为四类、五类（较差）的；三是拟通过加固手段提高荷载等级的桥梁；四是条件许可的条件下，特殊重要的桥梁在正常使用期间可周期性地定期进行荷载试验。《规范》规定，在实施专门检查时，承担单位应对桥梁结构材料的缺损状况做出合理的鉴定，根据鉴定要求和缺损的类型、位置，选择表面测量、无损检测检测和局部取试样等有效可靠的方法，试样应在有代表性构件的次要部位获取。所以，在桥梁特殊检查过程中，检查桥梁的外观，是确定检测内容和取样部位的重要手段。

其次，从对桥梁进行检查和评价的角度来讲，桥梁外观检查具有重要的意义。除此之外，《规范》规定的八大桥涵养护内容中，采集更新数据等其他内容，同样需要对桥梁的外观表现进行检查，养护工程技术人员根据桥梁的外观缺陷，判断桥梁病害的严重程度，以制订养护维修方案。

《规范》规定了城市桥梁的检测评估包括经常性检查、定期检测和特殊检测。其中经常性检查包括结构变异、桥及桥区施工作业情况的检查和桥面系、限载标志、交通标志及其他附属设施等状况的日常巡检。经常性检查宜以目测为主，并按附录 A 现场填写《城市桥梁日常巡检日报表》，登记所检查城市桥梁的缺

损类型、维修工程量,提出相应的养护措施。在经常性检查中,应对桥面系及附属结构的外观情况进行检查,主要包括:①平整性、裂缝、局部坑槽、拥包、车辙、桥头跳车;②桥面泄水孔的堵塞、缺损;③人行道铺装、栏杆扶手、端柱等部位的污秽、破损、缺失、露筋、锈蚀等;④墩台、锥坡、翼墙的局部开裂、破损塌陷等。另外上下部结构的异常变化、缺陷、变形、沉降、位移,收缩装置的阻塞、破损、联合松动等情况也应在经常性检查中予以注意。

《规范》规定的定期检测又包括常规定期检测和结构定期检测。其中常规定期检测以目测为主,并应配备如照相机、裂缝观测仪、探查工具及现场的辅助器材与设备等必要的量测仪器,对桥梁的桥面系、上部结构、下部结构进行检查。

城市桥梁的特殊检测中,应对桥梁结构材料的缺损状况进行诊断,在检测报告中应描述目前桥梁的技术状况,阐述检测部位的损坏原因及程度。因此,在遵照《规范》进行桥梁养护的过程中,也离不开桥梁的外观检查。

综上所述,桥梁外观检查是通过目测或辅以简单测量仪器,对桥梁各组成部分和构件的外在表现信息进行采集和归纳,对桥梁病害、缺损原因进行分析,以获得桥梁技术状况评价第一手资料的过程,是《规范》确定的桥梁检查的重要技术手段,在桥涵养护工作中具有不可替代的重要地位。

第二节 城市桥梁外观检查要点

《规范》规定,在城市桥梁的检查报告中,应对桥梁的技术状况进行评价。《规范》对桥梁的桥面系、上部结构、下部结构等的状况,用状况指数 BCI 来进行衡量。评定状况指数时,对桥面系、上部结构、下部结构中不同要素的各项损坏,规定了不同的扣分值,为了评定这些扣分制,在城市桥梁的外观检查中应根据桥梁部位的不同,分别注意以下的要点,见表 1-1~表 1-3。