

十三五

高等职业教育“十三五”规划教材

• 土建专业系列 •

桥梁养护加固技术

主 编 张美娜
副主编 顾 威 左志军
主 审 欧阳伟 郑宝莹



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

“十三五”规划教材

• 土建专业系列 •

桥梁养护加固技术

主 编 张美娜
副主编 顾 威 左志军
主 审 欧阳伟 郑宝莹



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

桥梁养护加固技术 / 张美娜主编. -- 2 版. -- 北京 : 北京师范大学出版社, 2017.4

高等职业教育“十三五”规划教材. 土建专业系列

ISBN 978-7-303-22088-5

I. ①桥… II. ①张… III. ①公路桥-维修-高等职业教育-教材②公路桥-加固-高等职业教育-教材 IV. ①U448.145.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 028099 号

营销中心电话 010-62978190 62979006
北师大出版社科技与经管分社 www.jswsbook.com
电子信箱 jswsbook@163.com

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com

北京市海淀区新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印刷: 三河市东兴印刷有限公司
经销: 全国新华书店
开本: 787 mm × 1092 mm 1/16
印张: 9.25
字数: 190 千字
版次: 2017 年 4 月第 2 版
印次: 2017 年 4 月第 2 次印刷
定价: 23.00 元

策划编辑: 周光明 华珍

责任编辑: 周光明 华珍

美术编辑: 高霞

装帧设计: 弓和碧工作室

责任校对: 李茵

责任印制: 孙文凯 赵非非

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-62978190

北京读者服务部电话: 010-62979006-8021

外埠邮购电话: 010-62978190

本书如有印装质量问题, 请与出版部联系调换。

印制管理部电话: 010-62979006-8006

前言

随着经济迅速发展、综合国力不断增强，我国公路桥梁建设事业也在飞速发展，据统计，截至2010年公路桥梁达到65.81万座，总里程达到3048.31万米，其中，特大桥梁2051座，总里程346.98万米，大桥49489座，总里程1167.04万米。然而，原有设计规范标准过低，加上日益增加的交通量和车辆超限超载现象泛滥，相应的公路桥涵负荷日趋加重，一大批桥梁出现不同程度的病害，结构老化、破损、变形较大、开裂现象严重，桥梁的持荷能力明显下降，有相当一部分成为危桥，我国的桥梁安全状况不容乐观。所以，在交通事业飞速发展的今天，数量众多的大中小桥梁如何在保证质量的前提下安全运营，成了目前被广泛关注的问题。

为了适应交通事业迅速发展的需要，对既有桥梁的养护及加固技术的研究被越来越多的技术人员和管理人员重视。本教材的编写紧跟交通事业发展需求，以桥梁养护管理和桥梁加固技术两方面为核心组织编写。桥梁养护部分围绕“预防为主，安全至上”的原则，致力于提高桥梁结构的耐久性和安全性进行编写；桥梁加固技术部分是通过一定的技术措施使构件乃至整个结构的承载能力及使用性能得到提高，以满足新的使用要求，即要针对桥梁所发生的不能满足继续使用的状况进行必要的技术处理。本教材编写中围绕这两个核心，以工作过程为导向，按照不同桥型组织编写，全书共分三个学习情境：基础知识、公路桥梁检测与评定、公路桥梁养护与加固，并在常用桥型的加固设计里增加了工程实例部分，做到了理论实践的充分结合，方便学生学以致用。

本书由辽宁省交通高等专科学校张美娜任主编，辽宁省交通高等专科学校顾威、沈阳市公路规划设计院左志强任副主编，辽宁省交通高等专科学校欧阳伟、郑宝堂任主审。情境1、情境3的模块3.2由张美娜编写；情境3的模块3.3由沈阳市公路规划设计院左志强编写；情境2的模块2.1由王先伟编写；情境2的模块2.2、情境3的模块3.5由顾威编写；情境3的模块3.1由王海星编写；情境3的模块3.4由唐玉勃编写；情境3中模块3.2的部分内容由张永丹编写。全书由辽宁省交通高等专科学校张美娜统稿。

在本书的编写过程中，欧阳伟、郑宝堂老师对全书进行了认真细致的审核，同时辽宁省交通高等专科学校的各位老师给予了大力支持。在本书编写过程中还参阅了大量的文献资料，编者在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

目 录

情境 1 基础知识	1
模块 1.1 国内外公路桥梁养护概述	1
1.1.1 国内桥梁养护现状	1
1.1.2 国外桥梁养护现状	3
模块 1.2 桥梁养护维修概述	5
模块 1.3 桥梁加固概述	7
1.3.1 桥梁加固的基本原则	7
1.3.2 桥梁加固的程序	8
模块 1.4 桥梁的检查	9
1.4.1 桥梁检查的分类和内容	9
1.4.2 桥梁结构检查的主要部位	14
1.4.3 超重车辆通过检查	15
1.4.4 各种事故后的结构检查	16
情境 2 公路桥梁检测与评定	20
模块 2.1 公路桥梁检测	20
2.1.1 公路桥梁检测的目的及意义	21
2.1.2 公路桥梁材料性能检测	21
2.1.3 桥梁荷载试验	39
模块 2.2 公路桥梁技术状况评估	51
2.2.1 公路桥梁技术状况评估方法综述	51
2.2.2 基于《公路桥涵养护规范》评估法	53
情境 3 公路桥梁养护与加固	59
模块 3.1 桥梁的养护与维修	59
3.1.1 桥梁养护与维修技术概述	60
3.1.2 公路桥梁桥面板的维修	61
3.1.3 公路桥梁桥面铺装层的维修	63
3.1.4 公路桥梁伸缩缝和支座的维修	65
3.1.5 公路桥梁排水设施、栏杆设施的维修	69

模块 3.2	梁桥上部结构加固方法	70
3.2.1	加大截面加固法	71
3.2.2	补加钢筋加固法	72
3.2.3	粘贴钢板加固法	73
3.2.4	粘贴纤维增强复合材料加固法	76
3.2.5	体外预应力加固法	77
3.2.6	简支变连续加固法	83
3.2.7	八字支撑加固法	84
3.2.8	增加横隔梁加固法	85
3.2.9	桥梁的加宽	85
3.2.10	工程实例	87
模块 3.3	拱桥上部结构加固方法	103
3.3.1	圯工拱桥	103
3.3.2	双曲拱桥	105
模块 3.4	桥梁下部结构加固方法	108
3.4.1	下部结构加固方法概述	109
3.4.2	桥梁墩台养护与加固	109
3.4.3	桥梁基础养护与加固	116
3.4.4	人工地基加固方法	121
模块 3.5	特殊结构桥梁养护与加固方法	122
3.5.1	斜拉桥结构养护与加固	122
3.5.2	悬索桥结构养护与加固	127
3.5.3	工程实例	132
主要参考文献	138

情境 1

基础知识



知识目标

完成本学习情境的学习，学生能够熟悉桥梁养护、加固的基本概念，掌握桥梁加固的特点，并理解桥梁检查的分类及具体检查内容。



能力目标

学生能够进行桥梁情况调查及完成相应表格的填写，能够进行桥梁加固方法的初步选择；熟练地整理出桥梁养护的内容；熟练总结出桥梁的养护维修方法。



情境导入

通畅的交通不仅是经济发展的保障，也是衡量现代社会生活品质的重要指标之一，而桥梁正是交通运输的咽喉，近年来取得了举世瞩目的发展，更是现代社会拥有的庞大固定资产。对这些数目庞大、技术状况复杂的桥梁结构实施科学、有效的管理，维系桥梁结构的运营安全，对保障国民经济正常运行、社会安定和人民福祉，是十分必要和非常重要的。

模块 1.1 国内外公路桥梁养护概述



相关链接

随着高速公路网的不断完善、交通量的不断增长和大吨位车辆的增加，桥梁负担着沉重的荷载及繁重的交通量。交通运输对桥梁结构性能和通行能力的要求也越来越高，如果桥梁长期疲劳作业，则病害会大量出现并迅速发展，必将难以适应日趋增长的交通量需求。随着环境因素与行车荷载的相互作用，桥梁技术状况不断产生恶化，使用功能降低，甚至出现了桥梁垮塌的事故，造成诸多社会影响、经济损失和人员生命财产损失。

1.1.1 国内桥梁养护现状

1. 国内桥梁养护取得的成就

近年来我国桥梁工作者对公路桥梁的检测、评定、加固加宽进行了大量的研究工作，并取得了一定的成就。

在桥梁检测方面,我国大量引进并开发了混凝土强度和缺陷超声波检测设备、智能红外成像检测设备等先进设备,这些先进设备的引进和研发为我国公路桥梁检测提供了更加先进、更加科学的保障。

在桥梁评定方面,交通部于1988年颁布了针对钢筋混凝土、预应力混凝土和圬工拱桥的《公路旧桥承载能力鉴定方法》(88)公路技字11号(试行),该方法对桥梁承载能力的验算基本是按照现行的公路桥梁设计规范进行,根据桥梁技术状况调查和荷载试验适当进行修正。近年来,国内学者在桥梁承载能力评定方法方面做了大量的研究,提出了以计算为主的评定方法、基于桥梁质量检查的评定方法、动态法测定桥梁承载能力及荷载试验与计算相结合的方法等多种方法。

在桥梁加固方面,产、学、研密切结合,结合工程实践开展了大量的研究工作,取得了丰厚的理论成果。2007年《公路旧桥承载力评定方法及工程实例》、《公路旧桥加固成套技术及工程实例》等相继出版,2008年8月交通运输部颁布了《公路桥梁加固设计规范》(JTG/TJ22-2008)和《公路桥梁加固施工技术规范》(JTG/TJ23-2008)。实践中,通过加固技术改造使原有桥梁的通行能力和承载能力得到提高的工程实例更是比比皆是。

2. 国内桥梁养护存在的问题

进行桥梁养护必须理清我国目前高速公路养护的现状,在充分理解我国桥梁加固技术的发展优势外,还要细致分析养护过程中存在的问题,紧紧把握新时期高速公路桥梁养护的新要求,并积极探索有效的养护途径,以提高我国桥梁的利用效率,以保障桥梁的安全使用。

(1) 养护技术人员相对较少

随着城区建设及城市间交通设施的发展,桥涵数量的增长速度很快,而养护维修企业和专业人员增长相对缓慢。目前,我国专门从事高速公路桥梁养护的专业技术人员较少,其中掌握新技术、新工艺的更是不多,在队伍管理上也显得零散,针对此类人员养护管理机构的规章制度和监管力度都很难得以顺利推行。桥梁养护工程师的数量远不能满足养护、检查和维修工作的需要。如果各种专项维修工程一并开工,桥梁养护工程师既要组织维修工作,又要搞好桥梁检查、档案整理等相关工作,使各方工作进度大受影响。

(2) 超载等违规现象严重,桥梁的安全运营受到威胁

桥梁管养中的安全防护措施也是制约桥梁使用寿命的重要部分之一。禁止超限超载车辆通行、上下游采沙、河道变窄、桥下范围内的违章用地等,对于通航河道的桥跨及跨线桥梁应设置足够的防撞、限高、照明、限载等警示标志,必要时可以安装一定数量的监控设备,对于违规现象要严厉查处。路政部门在日常的巡查中,要加大对沿线管辖范围内的桥面及桥下的安全隐患进行排查,发现问题要及时解决。

(3) 对桥梁的耐久性重视不够

桥梁病害普查统计的病害数量较多,由于受养护经费的限制,目前进行的维修工作主要是针对影响承载能力方面的病害进行维修加固,而对于影响耐久性方面的病害的维修还不及及时。如宽度较小的裂缝、钢筋锈蚀和混凝土碳化等病害。任何一座桥梁从“新”到“旧”、从状况良好到出现病害都是一个动态变化的过程。长期以来,人们受混凝土是一种耐久性能良

好的建筑材料的影响,忽视了钢筋混凝土结构的耐久性问题,由于混凝土碳化和钢筋锈蚀等原因引起的结构破坏问题非常普遍,而由于耐久性间接造成的损失也是非常大的。因此,及时对桥梁病害进行预防性的维修,能有效阻止病害的继续发展,延长桥梁的使用寿命。

(4) 疲劳问题

桥梁所采用的材料往往含有微小的缺陷,在循环荷载作用下,这些微缺陷(微裂纹和微孔洞)会成核、发展及合并形成损伤,并逐步地在材料中形成宏观裂纹。如果宏观裂纹得不到有效控制,极有可能会引起材料、结构的脆性断裂。疲劳损伤是钢桥设计中的核心问题,有不少因疲劳断裂引起桥梁垮塌的案例。早期疲劳损伤往往不易被检测到,但其带来的后果可能是灾难性的。

(5) 养护观念问题

“重建轻养”的旧观念还没有完全剔除,要树立基于“全寿命费用”和“预防性养护”的新的养护理念。

(6) 养护管理资金投入偏少

由于环境的侵蚀和超载车辆的长期作用,现役桥梁状况堪忧,要得到彻底改善需要扩大养护资金投入,并进行科学的分配。

(7) 桥梁管理技术、养护手段和操作规程匮乏

全面系统的桥梁管理技术、养护手段和操作规程依然匮乏,有效且能真实反映桥梁技术状况的桥梁检查技术及规程仍需进一步发展完善。

3. 加强桥梁养护的必要性

①公路交通量剧增,加快了桥梁老化的步伐。某公路管理段2003—2004年车辆调查及车速调查资料显示,省道干线公路以上汽车绝对数增长230%,县道支线以下公路汽车绝对数增长40%,根据统计混合车拥有量平均按每年13%左右速度递增。

②超重车、集装车、大吨位车的出现加重了桥梁的负荷,加快了桥梁损坏的速度。由于原桥设计荷载等级偏低,已不适应目前超重车、集装车、大吨位车增多的新情况,造成桥梁承受不起日益增长的负荷而成为危桥。

③桥梁修建中有些质量较低,造成桥梁使用的“先天不足”。相当数量的桥梁,尤其是早期修建的桥梁,由于资金短缺,设计、施工标准低,加上技术管理薄弱,施工质量不能保证这些桥梁的使用寿命,有些很快就会变成危桥。

④桥梁养护不善。在大自然风、霜、雨、雪的侵蚀作用下以及环境污染的日益加重,造成桥梁自身老化破损,使得桥梁衰老加快,寿命缩短。

1.1.2 国外桥梁养护现状

随着经济的发展,交通运输的需求量十分巨大,在役桥梁的整体数目不断增加的同时,使用过程中桥梁结构不可避免地受到不同程度的侵蚀,同时在外来作用的影响下,使桥梁结构退化,并随着服役期的增长而持续发展。这些因素导致了大量桥梁结构处于亚健康或危险状态。

1981年4月联合国经济合作与发展组织(Organisation for Economic, Co-operation and Development, OECD)(简称经合组织)主持召开了关于“道路桥梁维修与管理”会议,会议提出了桥梁养护方面有待解决的几个问题:如何准确评价现有桥梁的安全度;如何及早发现桥梁的病害,并确定结构物损坏程度,从而及时地进行合理的养护维修和加固;桥梁维修加固的新技术研发;桥梁维修加固的展望。

1991年第二届混凝土耐久性国际学术会议召开,会议指出:当今世界,混凝土破坏原因按重要性递降顺序排列是钢筋腐蚀、寒冷气候下的冻害、侵蚀环境下的物理化学作用。

20世纪末英国、德国、法国、挪威、斯洛文尼亚和西班牙等国家联合实施了欧洲桥梁管理项目(European Bridge Management Project, BRIME)的研究。

美国联邦公路局(Federal Highway Administration, FHA)1978年开始设立公路桥梁改建和维修加固项目(Highway Bridge Replacement and Rehabilitation Program, HBRRP),专门针对有缺陷的桥梁,每年投入28亿美元进行养护和加固,并于1993年起逐年增加,FHA还资助研究并推广了美国应用最广泛的桥梁管理系统,据FHA1998年调查,全国600 000座公路桥梁中有约45%存在不同程度的缺陷,其中136 000座属于外部损伤导致的结构性缺陷,124 000座属于功能不全而不能充分满足现代化交通的需求,而更换和加固这些桥梁的花费高达455亿美元。

在桥梁检测维修方面,美国代表了世界的先进水平,早在1971年美国就颁布了其历史上第一部关于桥梁检查的标准《国家桥梁检查标准》(National Bridge Inspection Standards,简称NBIS),并且作为美国“联邦法规”(Code of Federal Regulations)的一部分。对于各种规范、法规的实施,国会颁布了专门的运行计划,1978年以前实施的叫“特殊桥梁替换计划”(Special Bridge Replacement Program,简称SBRP)。1978年,美国第95届国会通过一个法案“地面交通辅助条例”(Surface Transportation Assistance Act,简称STAA),以“公路桥梁替换与修复计划”(Highway Bridge Replacement and Rehabilitation Program,简称HBRRP)取代了以前实行的SBRP。HBRRP是美国有史以来最大的桥梁替换与修复计划,它的含盖面十分广泛,它包含了美国所有的公路桥梁;并涵盖了桥梁建成后,从登记入册到运营过程中的检查、评价、维修、替换的全过程,还包含了对检查人员的要求和所需资金的筹集与分配。这些内容组成了美国桥梁的检查、修复与替换的法规体系。美国桥梁检测维修技术的发展和国家的政策支持是分不开的,近几年来,美国国会每年都有35亿元的财政拨款来支持“公路桥梁替换与修复计划”。

在役桥梁的安全事故在国外甚至是发达国家也时有发生,惨痛的教训使得各国越来越重视在役桥梁的养护、维修和加固,目前各国都在增加科研和资金的投入。桥梁管理者期望通过在桥梁整个服役期内实施持续的养护管理,并能够周期性地获得桥梁的基本状况,以便预知桥梁的退化程度,从整体上制订科学、有序的桥梁养护计划,节约养护资金,保障大量桥梁的结构性能维持在一个合理的服役水平,尽可能地避免桥梁倒塌事故的发生。

模块 1.2 桥梁养护维修概述

相关链接

桥梁是交通事业不可缺少的重要组成部分，直接影响着行车的安全和顺畅。桥梁养护管理的基本任务是保证数目庞大的桥梁群体能够安全、长久和稳定地运营。桥梁养护管理的基本原则是要以预防为主，防治结合。

桥梁的养护维修管理要根据积累的技术经济资料和当地具体情况，进行科学分析，预作防范，增强桥梁设施的耐久性和抗灾能力。做好雨期的防护工作，减免水毁损失。夏季做好主桥面的降温工作，以减少高温对桥面性能的影响。冬季做好防雪防冰工作，及时清除冰雪障碍，减少冰雪天气对大桥交通的影响。并要因地制宜、就地取材、挖潜改造、合理利用，以降低养护成本；重视调查研究，针对病害原因采取相应的技术措施；尽量采用国内外有关科研成果，推广使用有关新技术、新材料、新设备、新经验，注意科学养护与经济效益相结合；实施 CBM(基于环境的维修)工程，即对桥梁的健康状态进行实时监测，管理和维护，能大大节省维修成本，保证桥梁运营的可靠性；加强综合治理，保护生态平衡，防止环境污染；强化科学管理，坚持“质量否决权”制度；积极开发应用桥梁数据库和养护管理信息系统，逐步实现信息传输处理和病害处治对策科学化；大力推广和发展养护机械化，实行大中小结合，以小型为主，逐步实现养护机械装备标准化、系统化，以保障养护质量，提高养护生产效率，降低劳动强度；积极研究并增设现代化交通工程设施和服务设施，及时抢险救援，提高桥梁服务水平；建立桥梁养护工程师制度，加强对桥梁的检查、测试、维护和改善工作；积极开展有针对性的应用科学研究，通过技术进步解决桥梁养护与管理手段方面的种种技术疑难，达到“多、快、好、省”的目的；开展全方位、多层次的职工技术培训，强化管理干部、技术人员的继续教育和技术更新，提高养护队伍的文化技术素质；加强养护工程的前期工作和各种材料试验及施工质量检验和监理，确保工程质量；认真做好交通情况调查工作，积极开发采用自动化观测和计算机处理技术，为桥梁规划、设计、养护、管理、科研等提供全面、准确、连续、可靠的交通信息资料；加强对桥梁设施、收费设施、服务管理设施等的设置、维护、更新工作，保障桥梁应有的服务水平。

为了保证桥梁处于完好的状态，满足承载能力和通行能力的要求，必须对桥梁进行养护和维修，具体的桥梁养护内容包括：

- ①技术状况检查。
- ②建立和健全完善的桥梁技术档案。
- ③桥梁构造物的安全防范。
- ④桥梁构造物的经常保养、维修和加固。

⑤桥梁建成以后，为了适应公路交通运输的发展，保持正常运营，必须要进行桥梁的养护与维修。

桥梁养护工作要有序进行必须满足以下基本要求：

- ①建立、健全公路桥梁的检查、评定制度。对桥梁进行周期性检查，系统地掌握技术情

况，及时发现缺损和相关环境的变化，按检查结果，对桥梁状况进行分析评定，制定相应的养护方案进行实施。

②建立公路桥梁管理系统和公路桥梁数据库，实施桥梁病害监控，实行科学决策，逐步建立特大桥梁荷载报警系统，地震、洪水等灾害的预防决策系统。

③桥梁养护的质量要求：保持桥梁外观整洁，桥面坚实平整、横坡适度、行车舒适、排水顺畅，构件完好无损，标志齐全明显。

④新建和改建的桥梁交工接养，要有完备的交接手续，并提供成套的技术数据。特大桥和大桥应配置养护设施，设置养护通道。

⑤桥梁养护过程中要有应对突发洪水、地震等灾害的应急方案，包括交通应急方案。

⑥养护工程实施过程中要注意保障人员、车辆的安全，并注意环境保护。

和其他的交通工程的实施一样，养护工程的实施要遵循一定的技术政策和原则，以保证桥梁养护的质量和技术连贯性。桥梁养护应遵循的技术政策有：

①贯彻“预防为主，防治结合”的方针；结合具体情况，通过检测和科学的分析，预作防范，消除导致桥梁损坏的因素，增强桥梁的耐久性和抗灾能力。

②执行《公路桥涵养护规范》(JTGH11—2004)，加强桥梁的检查、维修，杜绝危桥的存在，及时处理险桥。

③推广应用先进的养护技术和科学的管理方法，改善养护手段，提高养护水平。

④养护工程设计应符合《公路工程技术标准》、《桥涵设计规范》，施工时遵守有关施工技术规范，保障车辆行人安全。

⑤加强以桥面养护为中心，以承重结构养护为重点的全面养护。

⑥重视环境保护，保护河道自然平衡，保护景观，防止环境污染。

所有的规章制度都要由桥梁养护工程师来实施，所以公路桥梁管养单位的桥梁养护工程师要履行以下主要职责：

①主持桥梁的经常检查与评定，负责组织桥梁的定期检查与评定。并根据检查结果编制并上报养护维修建议计划，提出须进行特殊检查的桥梁的申请报告，组织编制桥梁养护、维修、改建方案和对策措施。

②主持桥梁的小修保养和抗灾抢险工作，考核桥梁养护质量，并及时上报辖区的桥梁受自然灾害和其他因素损坏的情况。组织实施超重车辆通过的有关技术工作。

③监督、组织桥梁养护大、中修和改建工程；组织并参与桥梁大、中修和改建工程的中间检查和交(竣)工验收。

④负责所管辖桥梁技术档案的补充、完善和保密工作，定期对辖区内桥梁技术状况进行综合评价与分析；负责桥梁管理系统的数据库更新、系统维护、系统运行以及桥梁养护报告编写等工作。

⑤负责对下级单位桥梁养护工程师的技术业务培训、考核工作。

模块 1.3 桥梁加固概述

相关链接

桥梁加固是通过有效的技术措施,使受损的桥梁结构体系恢复其原有的技术功能,也就是说,当桥梁结构无法满足承载力要求、通行要求和泄洪要求时,就要针对桥梁所发生的不能满足继续使用的状况进行处理,从而对桥梁结构进行必要的技术改造,如维修、加固和加宽等。

桥梁加固可以延长桥梁的使用寿命,用少量的资金投入,使桥梁重新能满足交通的需求,还可以缓和桥梁投资的集中性。加固桥梁不是新建项目,但加固桥梁却是预防和避免桥梁的坍塌造成物资损失和人身伤亡的必要手段。

当桥梁不能满足继续使用的状况时必须采取相应的技术措施对其进行改造,不能满足继续使用的状况有以下 3 种。

①桥梁使用一定年限之后,出现结构陈旧老化、破损影响到它原有设计能力而危及运行的,必须予以修补,使之恢复到原有设计的承载能力。

②桥梁基本完好,但当初设计标准低,经过一段时间的交通发展,荷载标准或桥上、桥下的净空不能满足新交通的需要,需对其加强才能适宜新的交通。

③桥梁设计标准合理,结构基本完好,但桥梁遇到某种特殊需要,是原设计所没有包括在内的荷载或结构变化的添加,而需要临时加强。

1.3.1 桥梁加固的基本原则

桥梁加固总体方案设计是影响加固工程全局的战略性问题,要分清加固性质、明确加固目的、注意多种维修加固技术的综合利用。桥梁加固必须遵循一定的原则:

1)桥梁结构由于结构失效或损伤经评估(公路旧桥承载能力评定方法)不满足结构安全或正常使用要求时,必须进行加固。加固设计的内容及范围,应根据评估结论和委托方提出的要求确定,可以包括整座桥梁,亦可以是指定的区段或特定的构件。

2)加固后的桥梁结构整体寿命应恢复到原设计的桥梁寿命。

3)加固设计应与施工方法紧密结合,并采取有效措施,保证新老结构连接可靠、协同工作。

4)对于大桥、特大桥,其主要承重构件需要加固补强时,加固设计方案应不少于 2 个,并进行方案比选和经济评价,完成加固方案可行性研究报告。

5)加固设计及施工尽量不损伤原结构,并保留具有利用价值的构件,避免不必要的拆除或更换。

6)加固设计应按下列原则进行承载力验算。

①结构的计算应根据加固后结构的实际应力情况和实际的边界条件进行。

②结构的计算截面积,保留的构件采用基于检测结果的计算截面积,新增构件采用实际有效截面积,并考虑结构在加固后的实际受力程度、加固部分的应变滞后特点,以及加固部

分与原结构协同工作的程度。

③加固后,结构恒载增大时,应对被加固的相关结构及基础进行验算。

7)在加固施工中,尽可能减少对桥上和桥下的通行车辆及行人的干扰,采取必要的措施,减小对周围环境的污染。

8)在加固施工过程中,若发现原结构或相关工程隐蔽部位的构造有严重缺陷时,应立即停止施工,会同加固设计方进行研究,在采取有效措施进行处理后,方能继续施工。

9)加固施工过程中,应采取安全监测措施,确保人员及结构安全。

1.3.2 桥梁加固的程序

(1)桥梁加固前工作

桥梁加固前,应按照有关要求及相关规范对其技术状况、承载能力进行检测、评定,并对建设方案进行社会、经济、技术比较

对桥梁进行调查,一般可采用以下步骤。

①检查桥梁上部结构的现状及损坏情况。

②调查桥梁的有关技术资料 and 现有交通状况。

③对桥梁的现状进行评价。

桥梁现状评价是建立在对桥梁技术状况、各部位缺陷和病害进行全面细致的检查与检测基础上,对其进行使用功能和承载能力评价。

桥梁评价的内容如下。

1)使用功能评价。

设计技术标准、桥涵各部件完好程度、桥梁养护状况及意外事故的分析。

2)承载能力评价。

原结构验算、基于检测结果的承载能力评定、荷载试验鉴定。

(2)提出加固工程可行性研究报告

根据桥梁使用功能和承载能力评价的情况,如果桥梁主要承重构件需要进行加固,则应委托有加固设计经验的单位进行加固工程可行性研究工作。

(3)提出加固方案并进行分析比较

应有两个以上的加固设计方案进行比选,并遵循以下原则:

①结构验算分析应简单、构造措施应合理、设计经验力求成熟。

②施工过程中粉尘、噪声、废弃物等对环境的影响要小。

③施工难度要小、工艺要成熟、质量和工期要易于控制。

④施工过程中对人身安全、行车安全和结构安全要易于控制。

⑤工程费用应经济合理。

⑥加固后的结构耐久性要好,后期养护的费用要小。

(4)确定方案并进行加固施工图设计

(5)加固工程施工监理招标

(6)对桥梁加固进行施工组织设计

(7) 进行桥梁加固施工

桥梁加固施工时应采取确保质量和安全的有效措施，并应遵照有关现行规范进行施工。

(8) 竣工验收

桥梁加固一般以保持原结构受力体系为原则，如需改变原结构受力体系，须进行严格的结构分析与验算，目前桥梁加固的方法很多，在具体实施工程中，应按照旧桥的使用状况、承载能力下降的程度以及今后的使用要求而定，不管采用哪种方案进行加固，都应该兼顾投资少、工期短、尽量不影响交通、技术上可行并可靠、有较好的耐久性等方面的要求。

目前比较成熟的主梁加固方法有：增大截面加固法、植筋加固法、粘贴钢板加固法、锚喷混凝土加固法、体外预应力加固法、粘贴碳纤维布加固法、改变结构受力体系加固法等。

模块 1.4 桥梁的检查

相关链接

公路桥梁竣工交付使用后，建立规范系统的桥梁检查制度，是桥梁养护管理的重要工作，桥梁检查是发现桥梁结构病害的必要途径，也是桥梁进行维修加固的必要依据，没有正规的检查就没有合理的维修加固，桥梁病害如果得不到及时的发现，整座桥梁将存在着潜在的隐患。

1.4.1 桥梁检查的分类和内容

桥梁检查的目的在于随时掌握结构的技术状况和安全状态，检验确定桥梁的承载能力和通行能力，对桥梁的正常使用、管理、维修和加固起到必要的指导作用。因此，公路桥梁竣工验收交付使用后，必须严格按照《公路养护技术规范》对桥梁进行检查，并应按照《规范》规定建立适合具体桥梁的桥梁检查制度。除了必要的经常性的检查现役桥梁，还应该建立桥梁检查数据库，以备今后查用。

桥梁检查分经常检查、定期检查和特殊检查三种。

1. 经常检查

经常检查是以直接目测为主，配合简单工具测量，一般可和桥梁的小修养护工作结合进行，每月至少一次。经常检查的具体内容如下：

(1) 准备工作

检查人员需具有一定的桥梁专业技术知识、病害分析能力和照相技术，身体健康，工作认真负责。检查设施包括：钢直尺、卷尺、放大镜、望远镜、手电筒、记号笔、数码相机。

(2) 桥梁现场病害的检查

1) 桥面铺装的检查。

沥青桥面铺装的病害主要有：纵、横向裂缝，坑槽，车辙，拥包，沉陷等。沥青桥面铺装的病害往往昭示了桥梁深处的病害，例如：纵向裂缝相应位置处铰缝一般有破损；横向裂缝相应位置处桥面连续或桥头搭板处一般有破损；坑槽相应位置处水泥混凝土铺装甚至梁板一般有破损。

2) 伸缩缝的检查。

伸缩缝的病害主要有：伸缩缝本身的破坏损伤、锚固件损坏、缝隙填塞、缝边混凝土开裂、破损及防水材料老化、脱落等。

如有伸缩缝混凝土反复维修反复损坏的，须记录在案，待维修时仔细检查背墙混凝土和梁板顶部是否有破损。

3) 桥面排水设施检查。

桥面排水设施主要是泄水孔，应确保泄水孔能正常排水，不引起桥面积水。

4) 桥面护栏的检查。

护栏的检查主要看栏杆是否锈蚀、脱漆；防撞墩是否剥落、开裂。

5) 桥梁上部结构的检查。

桥梁上部结构是桥梁的主要承重构件，它由梁、板等组成，常见病害为裂缝、蜂窝、麻面、空洞、露筋、剥落等。检查时，应根据桥梁结构形式、受力特点检查是否有影响桥梁结构的关键病害。例如：预应力混凝土梁纵向裂缝允许 $\leq 0.2\text{mm}$ ，竖向裂缝则是不允许存在的；使用过一段时间的桥梁在裂缝表面往往会形成渗水结晶，比较易于辨识。

部分空心板浇筑时气囊上浮，造成空心板顶板厚度不够，经行车反复碾压，顶板混凝土易破碎，该病害表现体现为沥青混凝土反复维修、反复破损。

桥梁的横向联系保证了桥梁上部结构的整体性，对它们的检查应包括它们的本身状况及它们与基本构件连接的状况。例如：检查绞缝是否渗泥、漏水，防震挡块是否被挤压开裂。

6) 桥梁墩台的检查。

桥梁墩台的检查主要是墩台身缺陷及裂缝检查，墩台变位(沉降、位移、倾斜)的检查。对于钢筋混凝土的墩台身来讲，比较常见的缺陷是混凝土的冻胀引起剥离，混凝土的风化、掉角、露筋，支座下混凝土局部承压而造成损坏；比较常见的裂缝形态是墩台身沿主筋方向的裂缝或沿箍筋方向的裂缝(这些裂缝一般数量不多)、盖梁上与主筋方向垂直的竖向裂缝；部分桥台会因沉降不均匀产生纵向裂缝。

对于墩台的沉降、位移和倾斜情况的检查，一般可以先由目测并结合桥梁上部结构检查进行初步判断。例如对于简支梁桥，当上部结构检查发现主梁有墩顶倾斜、伸缩缝顶死的情况，可以初步判定桥墩可能有倾斜或不均匀沉降。对位于河流中的桥墩，应重点检查桥墩是否冲刷截面变形、脱落，通航河流中注意检查是否刮蹭、冲撞病害等。

对于墩台基础的检查，主要是墩台基础的冲刷情况和缺陷情况的检查。

7) 支座的检查。

在经常性检查中，受条件限制，大部分的桥梁支座不易检查，此时，可以根据经验确定怀疑区域，待有条件时再进行部件的详细检查。

总之，桥梁现场病害的发生是多种因素综合影响的结果。一种病害的发生往往引起连锁反应，其他病害也会随之而来。因此，在对桥梁进行养护管理时，时常检查，对出现的细微异常现象引起注意，细致观察，详细记录。不失是一种防微杜渐的好方法。

桥梁检查技术人员进行经常检查的过程中要当场填写桥梁经常检查记录表(见表 1.1)，登记所检查项目和缺损情况，估计缺损范围及养护工程量，提出相应的保养措施，经常检查时如发现重要部位存在明显缺损时，应及时上报。

表 1.1 桥梁经常检查记录表

养护管理单位				
路线编号		路线名称		桥位桩号
桥梁编号		桥梁名称		养护单位
部件名称	缺损类型	缺损范围		养护意见
桥面铺装				
桥头跳车				
伸缩缝				
泄水孔				
桥面清洁				
人行道、缘石				
栏杆、护栏				
照明、灯柱				
支座				
桥头排水沟				
桥头人行台阶				
其他				
负责人		记录人		检查日期

2. 定期检查

通过对结构物进行彻底的和系统的定期检查，建立管理养护档案，评定桥梁的使用功能。也就是说，定期检查是采集桥梁技术状况动态数据的工作，并以此为依据对结构的损坏作出评估，评定结构物的构件和整体结构的技术状况，从而确定特殊检查的需求与结构维修、加固及更换的顺序。

桥梁的定期检查是对桥梁进行的详细检查，要安排在有利于检查的气候条件下进行。一般检查周期不超过 3 年，对于新建桥梁为接养后 1 年，非永久性桥梁要每年检查 1 次，在经常检查中发现重要部件缺损明显达到三类以上的，应立即安排定期检查。

定期检查应做好的工作有以下几项。

- ① 现场校核桥梁基本数据。
- ② 当场填写《桥梁定期检查记录表》(表 1.2)。
- ③ 实地判断缺损原因，确定维修范围及方式。
- ④ 对难以判断缺损原因的，要向上级部门提出特殊检查要求。
- ⑤ 对损坏严重的危桥，提出限制交通或者改建的建议。
- ⑥ 根据桥梁技术状况，确定下次定期检查的时间。