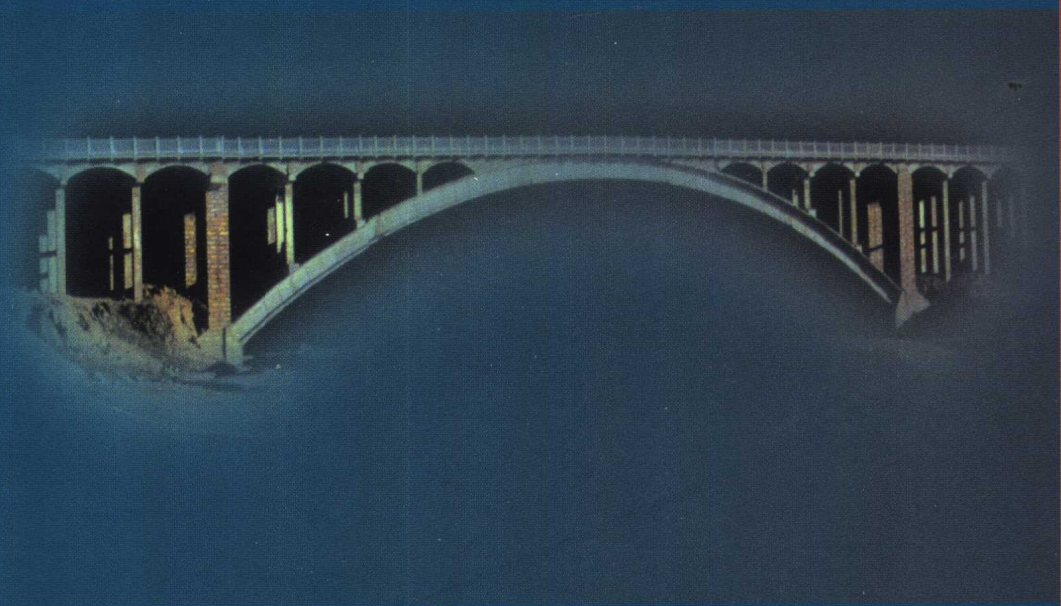


# 公路旧桥加固

## 技术与实例

GONGLU JIUQIAO JIAGU JISHU YU SHILI

湛润水 胡钊芳 帅长斌 编著



人民交通出版社

China Communications Press

Gonglu Jiuqiao Jiagu Jishu Yu Shili  
公路旧桥加固技术与实例

湛润水 胡钊芳 帅长斌 编著

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书结合公路旧桥加固改造实践,简明扼要地论述了桥梁检测技术和对旧桥评价的原则,并以具体旧桥加固改造实例,分别阐述旧桥加固的各种技术,如:增大截面和配筋法、锚喷混凝土法、粘贴钢(筋)板法、体外预应力法、外包混凝土法、改变结构受力体系法、碳纤维布法、拱圈套拱法、化学灌浆法、桥面补强法等,同时还阐述了对下部构造加固技术。书后还附有桥梁荷载、钢材和混凝土强度历史演变资料,可供查用。

本书可供从事公路旧桥设计、科研和施工人员学习参考;对于地、县级公路管理、养护的技术人员来说,本书是一部实用性科技图书。

### 图书在版编目(CIP)数据

公路旧桥加固技术与实例 / 湛润水, 胡钊芳, 帅长斌  
编著. - 北京: 人民交通出版社, 2001. 10

ISBN 7-114-04107-1

I. 公... II. ①湛... ②胡... ③帅... III. 公路桥  
- 加固 IV. U448.145.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 075655 号

### 公路旧桥加固技术与实例

湛润水 胡钊芳 帅长斌 编著

正文设计:王静红 责任校对:宿秀英 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092  $\frac{1}{16}$  印张:20.5 字数:504 千

2002 年 1 月 第 1 版

2002 年 1 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001~4000 册 定价:38.00 元

ISBN 7-114-04107-1  
U·03003

# 序

桥梁,飞架自然界的江河湖泊,天堑变通途;桥梁,连接多条交叉的道路,使之构成快速畅通的立体交通;桥梁,已成为对国民经济发展影响巨大的交通基础设施的重要组成部分。

随着国民经济的发展,人们对安全、快速、舒适和美观的公路交通提出了越来越高的要求。由于历史和资金的原因,我国大部分 20 世纪六、七十年代甚或 50 年代修建的桥梁仍在营运使用,但因其设计荷载标准偏低和桥梁宽度偏小等因素,这些桥梁已成为交通运输中的潜在隐患。对这些旧桥、危桥如要全部推倒重建,则既不科学,更不现实。更何况任何一座“新”建的桥梁经过若干年大自然岁月无情的侵蚀和使用,终将成为一座“旧”桥。所以,必须重视与加强对公路桥梁的养护、维修、加固、改建和重建工作。尤其应加强对旧桥加固技术的研究与实践,使全国范围内数以千计的旧、危桥能焕发新颜,继续为正在腾飞的我国经济建设服务。当前,由于旧桥加固的过程中常存在原始资料和图纸不全的客观原因;旧桥加固设计的规程尚在制订;旧桥加固设计的制约因素和技术风险远比设计新桥要大得多,但为了我们公路运输事业发展和国民经济建设的需要,国内桥梁界的同仁们必须知难而上,同心协力,使我们在旧桥加固技术的研究与应用领域能尽快赶上发达国家的水平。

作者以他们近二十年来所进行的旧桥加固具有代表性的桥梁作为加固实例,既阐述了各种加固方法的理论原理,又翔实地介绍了各实例具体加固设计和施工方法,基本上已涵盖了目前常用的各类加固方法,有很强的针对性和实用性。实践是检验真理的唯一标准,全书通过实例的介绍,是最具说服力的证明,因而本书是一册很具有可操作性的工程参考用书。

东南大学桥梁工程教授

邵容光

2001 年 9 月

# 前 言

世间一切事物,都是一个产生、存续、终结或转化的过程,人工建筑物公路桥梁也不例外,随着时间的推移,终究都会成为旧桥。人们在建设桥梁时尽管考虑了远景交通发展的需要,采用了时代最先进材料和技术,建成的新桥也超脱不了这一客观规律。

随着时代发展,科学技术进步,交通工具不断推陈出新,车辆载重量增大、速度提高,超载重车辆不断出现,人们对行车安全、舒适性提出了更高的要求。旧桥无论从承载能力或对时代适应性,已显得力不从心。而且随着时间推移,桥梁本身也难免不发生这样和那样的病害,影响其承载能力和使用寿命。因此,如何提高旧有桥梁承载能力和改善其行车性能,延长其服务年限,适应社会经济发展的需要,这正是本书研究的课题。

公路旧桥加固、改造和维修工程,是一项繁杂的系统工程,因桥、因地各不相同,桥梁类型不同,加固、维修的方式也不相同。社会不断发展,桥梁不断建设,新桥终究要变成旧桥,因此旧桥加固、维修将是一个永久性的技术课题,亦是桥梁建设可持续发展的一个重要组成部分和关键技术之一。基于上述基本认识,近二十多年来,笔者先后主持、参与旧桥检测、评定、加固、拓宽设计和施工工作,在实践中积累了不少经验和体会,将一些代表性的典型桥梁加固、维修的技术资料,系统归纳整理成书,抛砖引玉,与同仁们共同交流,以期将我国旧桥加固、维修工作提高到一个新水平。在撰写本书时,采取理论与实践相结合的方法,将理论分析计算和实际桥梁实测资料紧密结合在一起,书中列举各类桥梁加固实例,书后还附有一些常用资料。既有理论性又有实践性,既便于科研人员研究,又便于设计和施工人员借鉴,努力为从事公路桥梁设计、施工、科研的工程技术人员,尤其是为各地区、县级从事公路交通建设、养护部门的工程技术人员和管理干部提供一部实用参考书。

本书共分九篇三十四章,各篇章均可独立成篇,又相互关联,形成一个整体。全书由谌润水、胡钊芳、帅长斌负责统稿,江祥林负责文字、图表编排,吴雪敏负责全书的文字录入。各章的编写人分别为:第一篇及其余各篇的第一章:谌润水、胡钊芳;第二篇的第二~五章:谌润水,第六章:谌润水、江祥林;第三篇第二章:谌润水、熊庆翎,第三章:胡钊芳、梁波;第四篇第二~三章:帅长斌,第四章:谌润水、江祥林;第五篇第二章:胡钊芳、上官兵;第六篇第二~三章:江祥林;第七篇第二章:谌润水,第三章,江祥林、谌润水,第四章:颜传盛、谌润水;第八篇第二章:谌润水,第三章:胡钊芳,第四章:谌润水、帅长斌;第九篇第二~四章:谌润水,第五章:胡钊芳,第六章:胡钊芳、詹劲松。

本书编写中,江西省交通厅对此十分重视,并给予大力支持,列入2000年度江西省交通重点科研计划。省公路管理局和交通科学技术研究所等单位的领导、专家和技术人员给予积极帮助与支持。人民交通出版社为编写本书提出了具体指导性意见。在此,谨向所有关心、支持本书编写和出版的有关领导、专家、学者表示衷心感谢。限于作者水平,书中疏漏及不足在所难免,恳请读者和同行批评指正。联系电话:0791-6243551、6243872、6243502,邮编:330038

作 者

2001年6月于南昌

# 目 录

## 第一篇 绪 论

<b>第一章 公路旧桥加固的意义</b> .....	(1)
第一节 问题的提出.....	(1)
第二节 旧桥检测、评价和加固技术研究的重要意义.....	(2)
第三节 旧桥加固、改造与桥梁建设可持续发展.....	(2)
<b>第二章 公路旧桥检测、评定与加固技术</b> .....	(3)
第一节 旧桥检测技术.....	(3)
第二节 旧桥评价原则.....	(4)
第三节 旧桥加固、改造技术.....	(5)

## 第二篇 锚喷混凝土加固拱式桥梁

<b>第一章 锚喷混凝土加固机理</b> .....	(8)
第一节 锚喷混凝土特点.....	(8)
第二节 锚喷混凝土性能.....	(9)
第三节 锚喷混凝土加固旧桥设计原则.....	(10)
第四节 锚喷混凝土加固旧桥施工工艺.....	(11)
<b>第二章 香屯大桥喷锚混凝土加固提载</b> .....	(12)
第一节 香屯大桥基本情况.....	(12)
第二节 香屯大桥病害状况及原因分析.....	(14)
第三节 香屯大桥加固设计方案.....	(19)
第四节 大型平板车荷载试验.....	(20)
第五节 香屯大桥结构验算.....	(25)
第六节 香屯大桥加固设计要点.....	(32)
第七节 香屯大桥锚喷混凝土加固施工.....	(34)
第八节 香屯大桥加固后静载试验.....	(42)
第九节 香屯大桥经济效益分析.....	(51)
<b>第三章 南河大桥 U形肋双曲拱加固</b> .....	(54)
第一节 南河大桥工程概况.....	(54)
第二节 南河大桥结构检测与调查.....	(55)
第三节 南河大桥鉴定性静载试验.....	(56)
第四节 南河大桥加固设计及施工.....	(60)
<b>第四章 景德镇昌江大桥(片石拱)加固提载</b> .....	(64)

第一节	昌江大桥概况与结构检测	(64)
第二节	昌江大桥加固、改造可行性论证	(67)
第三节	昌江大桥加固、改造设计	(69)
第四节	昌江大桥加固、改造施工及工艺要求	(71)
<b>第五章</b>	<b>景德镇市西河大桥双曲拱桥加固</b>	(72)
第一节	西河大桥加固前结构状况	(72)
第二节	西河大桥静载试验及成果	(74)
第三节	西河大桥加固设计与施工	(81)
<b>第六章</b>	<b>修水县保安桥、杨坪桥加固</b>	(83)
第一节	保安桥(板拱)加固	(83)
第二节	杨坪桥(双曲拱)加固	(89)

### 第三篇 体外预应力加固梁式桥梁

<b>第一章</b>	<b>体外预应力加固机理</b>	(93)
第一节	加固方法与机理	(93)
第二节	加固设计与计算	(95)
<b>第二章</b>	<b>上饶灵溪大桥加固提载</b>	(96)
第一节	灵溪大桥结构检查	(96)
第二节	灵溪大桥拓宽加固前静载试验	(98)
第三节	灵溪大桥拓宽加固方案选定	(102)
第四节	灵溪大桥拓宽加固设计计算	(103)
第五节	灵溪大桥拓宽加固施工	(105)
第六节	灵溪大桥拓宽加固后静载试验	(109)
<b>第三章</b>	<b>上顿渡大桥加固提载</b>	(113)
第一节	上顿渡大桥基本概况	(113)
第二节	上顿渡大桥加固前荷载试验	(114)
第三节	上顿渡大桥 T 梁加固提载设计与施工	(116)
第四节	上顿渡大桥加固提载后荷载试验	(119)

### 第四篇 贴钢法加固桥梁

<b>第一章</b>	<b>贴钢法加固机理</b>	(121)
第一节	粘贴钢板加固法	(121)
第二节	粘贴钢板法计算方法	(122)
第三节	粘贴钢板法施工与验收	(124)
第四节	粘贴钢筋加固法	(125)
<b>第二章</b>	<b>粘贴钢板法加固半路港 1 号桥</b>	(126)
第一节	1 号桥概况	(126)
第二节	1 号桥加固设计	(127)

第三节	1号桥加固施工	(127)
第四节	1号桥加固竣工后静载试验	(129)
<b>第三章</b>	<b>粘贴钢筋法加固拱式桥梁</b>	(132)
第一节	南丰窑上桥加固—双曲拱	(132)
第二节	无筋无肋双曲拱加固	(135)
<b>第四章</b>	<b>粘贴钢板法加固简支空心板桥</b>	(136)
第一节	撞损预应力混凝土空心板桥加固	(136)
第二节	普通钢筋混凝土空心板桥施工缺陷加固	(140)
<b>第五篇 外包混凝土加固桥梁</b>		
<b>第一章</b>	<b>外包混凝土加大截面加固机理</b>	(143)
第一节	加固类型及适用范围	(143)
第二节	外包混凝土加固计算	(143)
第三节	构造规定与施工要求	(144)
<b>第二章</b>	<b>进贤北门桥通行特种荷载加固</b>	(145)
第一节	北门桥概况和加固原因	(145)
第二节	北门桥现状测量和病害调查	(146)
第三节	北门桥临时加固方案论证	(150)
第四节	北门桥加固设计	(154)
第五节	北门桥结构计算和施工图设计	(158)
第六节	北门桥加固后静载试验	(168)
第七节	北门桥加固结论与体会	(172)
<b>第六篇 碳纤维布加固梁式桥</b>		
<b>第一章</b>	<b>碳纤维布加固机理</b>	(173)
第一节	碳纤维材料与要求	(173)
第二节	碳纤维布加固补强受力分析与设计计算	(175)
第三节	碳纤维布加固旧桥施工工艺与要求	(177)
<b>第二章</b>	<b>赣州南河大桥引桥加固</b>	(178)
第一节	南河大桥引桥概况	(178)
第二节	引桥结构检测	(180)
第三节	引桥加固方案	(182)
第四节	引桥施工步骤及施工要点	(184)
<b>第三章</b>	<b>双凤桥加固、改造</b>	(185)
第一节	双凤桥加固改造的必要性	(185)
第二节	双凤桥加固、改造方案	(187)
第三节	加固施工要点	(190)



## 第七篇 旧桥加固、改造其它方法

<b>第一章 旧桥加固、改造其它常用方法</b> .....	(192)
第一节 桥面补强层加固法 .....	(192)
第二节 化学灌浆修补法 .....	(193)
第三节 套拱加固技术 .....	(196)
<b>第二章 钢筋混凝土双悬臂梁桥加固</b> .....	(197)
第一节 双悬臂梁桥特征 .....	(197)
第二节 西河钢筋混凝土双悬臂梁桥病况 .....	(199)
第三节 西河大桥加固前静载试验 .....	(201)
第四节 西河大桥加固方案 .....	(202)
第五节 双悬臂梁桥加固施工 .....	(205)
第六节 加固后静载试验情况 .....	(209)
<b>第三章 宜春市西村袁河大桥加固</b> .....	(212)
第一节 袁河大桥结构检查 .....	(212)
第二节 袁河大桥加固、改造方案比选 .....	(214)
第三节 袁河大桥加固、改造施工设计 .....	(216)
第四节 袁河大桥加固、改造施工 .....	(218)
<b>第四章 采用套拱加固技术加固片石拱桥</b> .....	(220)
第一节 东门桥片石拱桥概况 .....	(220)
第二节 加固方案选择 .....	(221)
第三节 施工程序及方法 .....	(222)

## 第八篇 下部构造加固

<b>第一章 下部结构加固方法</b> .....	(225)
第一节 下部构造加固前提条件 .....	(225)
第二节 下部构造加固方法 .....	(226)
<b>第二章 虬津大桥下部构造加固</b> .....	(226)
第一节 虬津大桥概况 .....	(226)
第二节 结构病害检查与原因分析 .....	(228)
第三节 加固处理方案 .....	(232)
第四节 加固设计及施工 .....	(234)
第五节 南昌岸桥台加固计算 .....	(236)
<b>第三章 沂江大桥桥台加固</b> .....	(239)
第一节 沂江大桥桥台病害分析 .....	(239)
第二节 桥台加固方案 .....	(242)
<b>第四章 肋形桥台病害处治与加固</b> .....	(243)
第一节 樟坑大桥肋形桥台病害 .....	(243)

第二节 320 国道三座中桥 U 型桥台加固 .....	(246)
------------------------------	-------

## 第九篇 桥面拓宽

<b>第一章 桥面拓宽原则与方法</b> .....	(249)
第一节 桥面拓宽原则 .....	(249)
第二节 桥面拓宽方法 .....	(249)
<b>第二章 黄花大桥加固提载及桥面拓宽</b> .....	(250)
第一节 黄花大桥概况 .....	(250)
第二节 黄花大桥检查及测试情况 .....	(251)
第三节 黄花大桥受力状态理论分析及结构验算 .....	(256)
第四节 黄花大桥加固及拓宽技术设计 .....	(263)
第五节 黄花大桥加固效果与社会效益分析 .....	(270)
<b>第三章 灵溪大桥墩上挑梁拓宽桥面</b> .....	(271)
第一节 灵溪大桥结构检查 .....	(271)
第二节 灵溪大桥拓宽方案与设计 .....	(272)
第三节 灵溪大桥拓宽施工及效果 .....	(275)
<b>第四章 昌抚公路油家桥拓宽利用</b> .....	(277)
第一节 油家桥结构检查 .....	(277)
第二节 油家桥静载试验及结构验算 .....	(278)
第三节 油家桥加固拓宽设计与施工 .....	(279)
<b>第五章 105 国道三座桥梁加固与拓宽</b> .....	(281)
第一节 三座小桥改造前工程概况 .....	(281)
第二节 三座小桥改造前静载试验 .....	(285)
第三节 三座小桥拓宽改造措施 .....	(290)
第四节 三座小桥拓宽改造后静载试验 .....	(291)
第五节 桥梁加固后刚度与承载能力提高程度分析 .....	(295)
<b>第六章 320 国道流口桥拓宽改造</b> .....	(297)
第一节 流口桥结构验算 .....	(297)
第二节 流口桥加宽方案比选 .....	(299)
第三节 拓宽改造施工图设计与施工 .....	(301)
<b>附录 1 公路桥梁汽车荷载主要技术指标的演变</b> .....	(304)
<b>附录 2 桥梁验算荷载主要技术指标的演变</b> .....	(306)
<b>附录 3 钢筋及混凝土准许单位应力(1941 年规定)</b> .....	(307)
<b>附录 4 混凝土容许应力(1956 年规定)</b> .....	(307)
<b>附录 5 钢筋容许应力(1956 年规定)</b> .....	(308)
<b>附录 6 混凝土容许应力(1974 年规定)</b> .....	(308)
<b>附录 7 钢筋的容许应力(1974 年规定)</b> .....	(309)
<b>附录 8 混凝土的设计强度和标准强度(1985 年规定)</b> .....	(309)

---

附录 9	钢筋的设计强度和标准强度(1985 年规定) .....	(310)
附录 10	几种常用材料强度比较(新、旧桥规值) .....	(311)
附录 11	从几种常用跨径钢筋混凝土 T 梁受力分析其可靠度(参考 JT/GQB 001—73 号 标准) .....	(311)
附录 12	新旧各级车辆荷载标准简支梁跨中弯矩比较表 .....	(312)
主要参考文献	.....	(315)

# 第一篇 绪 论

## 第一章 公路旧桥加固的意义

### 第一节 问题的提出

随着时间的推移,新建的桥梁终究都会成为旧桥。在桥梁存续期间内,由于车辆,特别是超重车辆行驶,以及外界各种因素作用和影响,导致桥梁结构产生病害、出现缺陷,严重影响到桥梁正常使用。为了保证交通畅通,就需要对桥梁进行维修、加固和改造。桥梁和其他建筑物一样,其“生命周期”亦不外乎经历以下三个阶段:建造、使用和老化。公路桥梁造价昂贵,在公路运输中发挥着重要作用,因此,人们在桥梁建设过程中,总是采取各种措施,千方百计确保工程质量。尽管如此,公路桥梁长期在自然环境(大气腐蚀、温度、湿度变化)和使用环境(荷载作用与频率的增加、材料与结构的疲劳)的作用下,总会逐渐产生损坏现象,这是一个不可逆的过程。20世纪50、60甚至70年代建设的桥梁,已经运营30~40年,在些桥梁已不应当今经济快速发展的需要,病害和缺陷累累,因此加固、维修便成为一个十分突出的亟待研究解决的课题。

近20多年来,我国公路建设事业蓬勃发展,公路的通行能力和服务水平进一步得到改善和提高,尤其是“九五”期间,国家进一步加大了基础设施建设投资,公路面貌日新月异。但是,我国幅员辽阔,就整个公路网络而言,在国民经济整体中,公路交通基础设施的“瓶颈”制约因素,并没有得到根本的缓解。在现有的公路上,数以万计的旧桥,因设计荷载标准低,年久失修、失养,正在逐步成为危桥,成了不断提升技术等级的公路上卡脖子路段。

我国在20世纪60~70年代修建的桥梁,设计荷载标准较低,而且大部分公路桥梁仍在服役,已不适应交通量日益增长的需要,因此,旧危桥加固、维修任务十分繁重,全部重建的思想既不现实,也不科学。实践证明,采用适当的加固技术和拓宽措施,对恢复和提高旧桥的承载能力及通行能力,延长桥梁的使用寿命,以满足现代化交通运输的需要,是可行的。这样一能节省大量投资,收到良好的社会经济效益,特别是对贫困省份来说,尤为重要;二是通过维修和改造旧危桥,是消除交通安全隐患,提高公路通行能力和服务水平的有效途径,亦是检验公路部门管养水平的重要标准。

旧桥加固、维修工作应当说是一项技术上可行、经济上合理的举措。但也存在许多实际困难;如:旧桥原始资料难以查找、缺乏资金和成熟技术支持,使得旧桥加固工作难以开展。究其

原因,一是对旧桥加固持有不同认识,一些人认为“加固老的,不如建座新的”,费力不讨好、体现不出政绩;二是加固旧、危桥比建新桥繁杂、技术难度大,而设计费和施工造价都偏低,由于旧桥加固就像给危重病人动手术,风险很大,且利润不高,而每座桥的情况又是千差万别,通用性差,使得有能力的勘察、设计、施工单位不愿介入,于是造成加固、改造旧桥成为有行无市的局面。

然而,随着我国高速公路建设和发展,逐步建成全国干线、高速公路网络,其中原有的公路将发挥从干线到支线、到各地分散物流的重要作用。因此,研究延长既有桥梁使用寿命的方法,力求加以充分利用,使有限的建设资金用于当前急需的工程,这是一项十分重要的任务,应当提到各级公路管理部门的议事日程。所以,“十五”期间乃至更长一段时间,大力开展旧危桥加固、改造利用工作,将是全国各级公路交通部门义不容辞、光荣而艰巨的任务。

为了使旧危桥的加固改造工作顺利展开,应当采取行之有效的技术措施,防止那些不切合实际的做法,这就需要认真总结过去的旧桥加固的实践经验,认真研究旧桥加固、维修技术,扎扎实实,对症下药。

## 第二节 旧桥检测、评价和加固技术研究的重要意义

旧桥加固改造技术,是针对正在使用的旧桥进行检测、评价、维修、加固或改造等技术对策的总称。据日本有关统计资料表明,对于结构建筑物(包括公路桥梁)承载能力和使用性能进行检测、评价,在投入使用后一般有两次高峰期,一是投入使用后约 20 年,称为小周期,二是约 60 年左右,称为大周期。小周期对结构进行检测的目的是:确保结构建筑物处于完好的技术状态;大周期是对结构建筑物进行鉴定,判定其使用状态,以便作出相应的对策。近十几年来,我们进行旧桥检测、评价和加固技术的研究,主要是针对 20 世纪 50~80 年代修建的公路桥梁,其中大部分是钢筋混凝土梁桥和双曲拱桥,目的是对这些桥梁使用状况作出符合客观实际的判断,从而制定出相应的技术加固或改造措施。

自 20 世纪 70 年代以来,我国着手对旧桥加固改造技术进行研究。在“六五”计划期间,对公路旧桥的检测、评价和加固方法进行了广泛的研究和工程实践,并取得了良好的社会效益和经济效益。“七五”期间,交通部适时地将“旧桥检测、评价、加固技术的应用”列为 1989~1990 年科技进步“通达计划”项目,交通部科技情报所具体组织推广。此举极大地推动了公路旧桥加固、改造技术研究,因此,在公路梁桥和拱桥等旧桥承载力的检测、评定、加固改造技术和施工工艺等都取得了许多宝贵经验,推荐出不少座旧桥加固、改造成功的范例。

## 第三节 旧桥加固、改造与桥梁建设可持续发展

桥梁是公路的主要组成部分,修路架桥总是相伴相随,对当地和周边地区经济发展起着十分显著的作用。尽管建设桥梁时,充分考虑了当时当地远景经济发展和社会诸多方面的需求,采取时代最先进技术和材料,但仍然难以摆脱历史的局限性。随着科技进步、社会工业化水平提高,车辆载重量增大,车速相继提高,人们对道路服务水平也提出新的要求。但是,早期建设的桥梁,标准低和承载力不足,逐步阻碍交通畅通,成为公路交通“瓶颈”。特别是大型、重型车

与日俱增,致使公路交通安全与畅通受到严重影响,为此,加固、改造、拓宽改建,提高现有桥梁的通行能力和服务水平,以缓解日趋紧张的交通压力,从而使桥梁建设可持续发展问题日显重要和突出。因此,我们在考虑公路桥梁建设的有关问题时,应当充分认识和正确理解在国民经济的可持续发展中公路桥梁的地位和作用。既要实现公路桥梁的建设目标——安全、畅通、高效益和低成本,又要对新建成的桥梁加强维修保养,预防发生病害,及时根治缺陷,确保其持续安全运营,维持较高服务水平和通行能力,并满足交通持续增长的需要。这就是说,新建桥梁和旧桥加固改造二者不可偏废。

公路桥梁建设可持续发展,不仅是建设新建项目,同时对已建成的桥梁来说,意义也很深远的。截至 1998 年底,全国共有公路桥梁 210 822 座,其中临时性桥梁 3 053 座,危桥 4 105 座,而且位于国、省道上的临时性桥梁和危桥数目分别达到 405 座和 1 253 座,占临时性桥梁和危桥总数的 13%和 31%。交通部《公路科学养护与规范化管理纲要》(1991 至 2000 年)中提出:“到本世纪末,基本消灭国省干线公路上的危桥,并初步达到通行国际标准集装箱车辆的标准”。历史已进入 21 世纪,目前来看,要达到纲要上制定的这个目标,还有相当的差距。

综上所述,在短时间内重建国、省道上的危桥,不仅需要大量投资,必然影响到重点工程建设,这有悖于桥梁建设的可持续发展。即使世界上最发达的国家,现在也竞相投入人力和物力,从事旧桥加固技术研究,在兴建新桥的同时,仍然十分重视旧桥的使用价值。所以,交通部要求各级交通主管部门在公路建设中要积极贯彻“建养并重”方针,切实纠正“养路不养桥”的倾向,将桥梁检查、维修、加固和改造工作列入议事日程,及时发现桥梁发生的病害和出现的缺陷,并及时采取相应措施予以消除,确保桥梁安全运营,这是防患于未然的最实际的措施。

从国民经济发展总体考虑,通过对旧桥加固、改造与利用,是维护公路交通正常运营的积极措施,任务虽然艰巨,但其意义和影响是深远的。因此,应当引起各级公路主管部门的领导充分重视,积极引进和开发旧桥加固、改造的先进技术、材料和设备,合理确定加固、改造方案,使旧危桥仍可能长地发挥作用,让有限资金发挥更大的效益,使我国桥梁建设真正步入“建养并重”的可持续发展道路。

## 第二章 公路旧桥检测、评定与加固技术

### 第一节 旧桥检测技术

公路旧桥检测技术主要包括两个内容,即桥梁检查和荷载试验评定技术。

桥梁检查是进行桥梁养护、维修与加固的前期工作,是决定维修与加固方案可行和正确与否的可靠基础。其目的在于:通过对桥梁的技术状况、缺陷和损伤进行全面、细致、深入地现场检查,查明缺陷或潜在缺陷和损伤的性质、所在部位、严重程度及发展趋势,弄清产生缺陷、发生损伤的原因,以便能分析、评价缺陷和损伤对桥梁质量及承载能力产生的影响,并为桥梁加固和改造设计提供具体技术资料。自 20 世纪 50 年代中期,我国已展开了对混凝土结构现场

无破损或半破损检测方法的研究,70年代以后发展尤为迅速。目前已广泛用于工程测试,并已制定了若干项目的技术规程。

在工程实践中,还经常采用实桥荷载试验来评定旧桥的承载能力和安全度,并由此确定出加固或改建的方案。特别是对于那些缺乏原始设计资料和图纸的旧桥,用荷载试验方法来确定能否提高承载能力就是切实可行的方法。荷载试验评定是对桥梁结构物进行直接加载测试的一项科学试验工作,可直接了解桥梁在试验荷载作用下的实际工作状态及一些理论上难以计算部位的受力状态,判别桥梁结构的安全承载能力和使用条件;也可以确定一些理论上无法考虑的因素,如所用材料的相对匀质性、不同龄期的不同力学特性和修建质量等,对结构受力的影响。此外,荷载试验还常常有助于发现在一般性桥梁检查中难以发现的隐蔽病害。所以,目前我国仍然普遍采用荷载试验评定方法来鉴定旧桥的质量与可靠程度,并确定其实际承载能力及其运用条件。

在旧桥要承受设计中没有考虑到的承载能力时,实桥荷载试验亦是有效手段。实桥荷载试验提供了将结构作为一个整体,考虑了许多因素,如所用材料的相对匀质性,不同龄期混凝土的不同力学特性,修建的质量等等。试验部位的确定,应在理论研究分析后,考虑桥梁的类型、复杂性以及薄弱环节而决定的。原则上说,试验部位的选择,应选择能够全部地反映桥梁纵横向性能的部位,以便于能够通过试验或检测获得符合实际的、需要的数据。

## 第二节 旧桥评价原则

为了选定技术上可行、经济上合理的桥梁加固、改造方案,首先必须对桥梁技术状况、各种缺陷、病害进行全面细致的检查与检测;在检查、检测的基础上,对旧桥工程现状、承载能力作出正确的评价,这是旧桥加固、改造工作的重要环节之一。

1985年,交通部颁布的系列“公路桥涵设计规范”,由按允许应力设计方法发展为按极限状态设计方法进行设计。极限状态设计方法分为两类:一是承载能力极限状态法;二是正常使用极限状态法。“公路桥涵设计规范”规定的设计方法,不仅是桥梁设计与计算的基本原则和标准,也是对旧桥承载能力评定、加固和改造设计的基本原则和标准。

旧桥评价一般包括使用功能、结构承载力和使用价值等三个方面:

### 1. 旧桥使用功能评价

在桥梁有效使用期内,对旧桥的评价首先是评价其使用功能,评价的具体内容如下:

(1) 设计技术标准:包括原设计荷载标准、桥面净空、桥下净空、孔径、基础埋置深度等等,是否满足运营要求;

(2) 桥涵各部构造完好程度:各部构造能否保持正常使用,如桥面平整度、伸缩缝、泄排水设施、支座、栏杆、人行道等构件的完好状况。上、下部承重结构质量状况,有无裂缝、腐蚀、风化、疲劳等破损现象及挠曲、沉陷等位移变形现象,以及对桥梁整体正常使用功能的影响程度;

(3) 桥梁养护状况及意外事故的分析:是否经常对桥梁进行检查、养护;养护难易程度,经常性养护费用及养护材料、机具设备消耗情况;有无发生过意外事故,发生事故的机率,处理发生事故难易程度等,并对影响桥梁使用功能进行分析,并作出评价。

### 2. 旧桥结构承载能力评价

在对桥梁使用功能评价的基础上,通过对上、下部结构作静、动载计算分析,或对静、动载试验结果分析,对桥梁结构承载能力作出切合实际进行评价,也是对旧桥使用功能作实质性的分析评定。

### 3. 旧桥使用价值评价

在对旧桥作出上述 1、2 两项评价之后,从技术可能性、经济合理性的角度出发,对旧桥在设计运营期间内的使用价值作出评价。当分析结果表明:如果对旧桥加固、改造加以利用的总效益大于建新桥的总效益时,则认为对旧桥进行加固、改造利用是必要的、可行的,然后提出评价报告,申请列入旧桥加固、改造工程计划。

## 第三节 旧桥加固、改造技术

在“六五”和“七五”期间,关于旧桥加固、改造技术的研究和应用课题,自列入了交通部重点科研项目计划后,经过一系列试验研究和旧桥加固、改造工程的实践,取得了可喜的成果,积累了丰富的经验。

在旧桥加固改造工程中,尽管每座旧桥梁的情况各不相同,具有各自不同的特点,但也存在一定的共性。我们应遵循桥梁加固、改造工作的共性,结合具体桥梁的特殊性,在实践中发挥积极性和创造性,不断进取和探索,采用最先进技术和材料,在旧桥利用、加固、改造工作中,创造和总结出多种切实可行的方法,为开辟一条新路打下了坚实基础,使旧桥继续发挥固有的使用功能,以保证公路交通畅通无阻。

在 20 多年实践中,作者创造和总结出多种切实可行旧桥加固、改造技术和方法,归纳起来,对有缺陷、病害的桥梁常用的加固、改造技术和方法有:减轻恒载、加固临界杆件、提供新补充杆件、改善原结构受力体系等增大桥梁承受活载的能力。此外,对下部结构稳定、支座和车行道伸缩缝适当清洁、改善几何形状、加强安全性设施(如改善人行道、栏杆柱及扶手),这对改善服务性能和延长现有结构使用寿命,也都起着重要作用。

### 一、旧桥上部结构加固、改造技术和方法

#### 1. 桥面补强层加固法

在梁顶上加铺一层钢筋混凝土层,一般先凿除旧桥面,使其与原有主梁形成整体,达到增大主梁有效高度和抗压截面强度、改善桥梁荷载横向分布能力,从而达到提高桥梁的承载能力的目的。

#### 2. 增大截面和配筋加固法

当梁的强度、刚度、稳定性和抗裂性能不足时,通常采用增大构件截面、增加配筋、提高配筋率的加固方法。这种方法是在梁底面或侧面加大尺寸,增配主筋,提高梁的有效高度和抗弯强度,从而提高桥梁的承载力。该法广泛用于梁桥及拱桥拱肋的加固。

#### 3. 锚喷混凝土加固法

借助高速喷射机械,将新混凝土混合物连续地喷射到已锚固好钢筋网的受喷面上,凝结硬化而形成钢筋混凝土,从而增大桥梁的受力断面和补强钢筋,加强结构的整体性,使其能承受更大的外荷载作用。



#### 4. 粘贴钢板(筋)加固法

当交通量增加,主梁出现承载力不足,或纵向主筋出现严重腐蚀的情况时,梁板桥的主梁会出现严重的横向裂缝。采用粘结剂及锚栓,将钢板粘贴锚固在混凝土结构的受拉缘或薄弱部位,使其与结构形成整体,以钢板代替增设的补强钢筋,达到提高梁的承载能力的目的。这种加固方法的特点是:

- (1) 不需要破坏被加固的原结构的尺寸;
- (2) 施工工艺简单,施工质量较容易控制;
- (3) 施工工期短。

#### 5. 改变结构受力体系加固法

这种加固、改造方法是通过改变桥梁结构受力体系,达到提高桥梁承载能力的目的。如:在简支梁下增设支架或桥墩,或把简支梁与简支梁纵向加以连接,由简支变连续梁,或在梁下增设钢桁架等加劲或叠合梁等,以减小梁内应力,达到提高梁的承载力目的。

改变结构体系的方法有多种,但往往都需要在桥下操作,或设置永久设施,因而减少桥下净空,或施工时会影响通航,所以必须考虑通航及桥梁排洪能力。

该法由于加固效果较好,目前,也是国内外用来解决临时通行超重车辆的一种加固措施。重车通过后,临时支承可能随后拆除,故对通航影响不大,不影响河道排洪能力。

用临时支架加固时,改变了原简支梁的受力体系,支点处将产生负弯矩,故必须进行受力验算。

#### 6. 体外预应力加固法

对于钢筋混凝土或预应力混凝土梁或板,采用对受拉区施以体外预加力加固,可以抵消部分自重应力,起到卸载的作用,从而能较大幅度地提高梁的承载能力。

体外预应力加固法优点是:

- (1) 在自重增加很小的情况下,能够大幅度改善和调整原结构的受力状况,提高承重结构的刚度、抗裂性能;
- (2) 由于承重结构自重增加小,故对墩台及基础受力状况影响很小,可节省对墩台及基础的加固;
- (3) 对桥梁营运影响较小,可在不限制通行的条件下加固施工;
- (4) 预应力加固法既可作为桥梁通过重车的临时加固手段,又可作为永久性提高桥梁荷载等级的措施。

#### 7. 增设纵梁加固法(拓宽改建)

在墩台地基安全性能好,并具有足够承载能力的情况下,可采用增设承载力高和刚度大的新纵梁,新梁与旧梁相连接,共同受力。由于荷载在新增主梁后的桥梁结构中重新分布,使原有梁中所受荷载得以减少,由此使加固后的桥梁承载能力和刚度得到提高。当增设的纵梁位于主梁的一侧或两侧时,则兼有加宽的作用。

为保证新旧混凝土能够共同工作,必须注意做好新旧梁之间的横向连接。横向的连接方法,如:企口铰接、键槽联接、焊接及钢板铰接等,使新增主梁与旧梁牢固联接,可提高主梁之间的横向连接刚度,有利于荷载的横向分布。

#### 8. 拱圈增设套拱加固法