

梁全富 邵景干 编著



体外横向预应力加固 简支空心板梁桥技术

中国建筑工业出版社

215.7
1

体外横向预应力 加固简支空心板梁桥技术

梁全富 邵景干 编著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

体外横向预应力加固简支空心板梁桥技术/梁全富, 邵景干
编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007

ISBN 978-7-112-08983-3

I. 体… II. ①梁…②邵… III. 空心板—简支梁桥—预应力—加固 IV. U448.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 004740 号

体外横向预应力加固简支空心板梁桥技术

梁全富 邵景干 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京天成排版公司制版

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 6½ 字数: 110 千字

2007 年 6 月第一版 2007 年 6 月第一次印刷

印数: 1—3500 册 定价: 25.00 元

ISBN 978-7-112-08983-3
(15647)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书在论述旧桥加固的目的和意义、检测技术、加固的原则和加固技术的基础上，对空心板简支梁桥的病害成因、分类及加固技术进行了分析；着重通过空心板简支梁桥的病害调查分析、加固设计计算和现场测试分析，结合实际工程，对体外横向预应力加固空心板简支梁桥技术进行了系统介绍。

本书可供从事桥梁工程设计与施工的技术人员参考，也可供高等院校相关专业的教学和研究参考。

* * *

责任编辑：田启铭 姚荣华

责任设计：赵明霞

责任校对：安 东 孟 楠

前 言

简支空心板梁桥普遍出现的铺装层沿板企口缝的纵向裂缝、坑槽和塌陷，板缝间填缝料脱落，板缝间渗水漏水以及梁板间企口缝破碎、塌陷、荷载不能横向分布，单板受力等现象，已严重地危及到桥梁的正常运营和车辆的安全行驶。因此，采用经济、有效的加固技术已成为工程界普遍关注的问题。

通过对 16m、20m 等跨径的空心板进行验算分析，认为造成这些病害的原因很大程度上是由于空心板设计理论应用不当引起的。本书从理论分析着手，研究采用横向体外索预应力技术(HVM 可换式体外索)，使空心板横向下缘处在受压状态，平衡横向弯矩，从而消除应力集中的薄弱环节。通过该方法的研究，形成了一套完整的加固工艺和技术方案，延长了桥梁的使用寿命，确保了桥梁的使用安全；针对原简支空心板梁桥企口缝设计中的不足，建立了加固计算分析的方法；分析了体外横向预应力加固简支空心板梁桥的机理，建立了施加横向预应力的设计计算模型，并通过工程实例得到了验证。

体外横向预应力索加固空心板梁桥，目前在国内还是首家，在某国道主干线郑州至漯河高速公路上针对病害严重的六座桥梁进行了加固实践后，2004年又在连霍高速公路上加以应用，也取得了良好的加固效果和经济效益。目前我国多条高速公路，包括国道以及地方道路上的桥梁，采用装配式预应力简支空心板桥的数量还很多，出现同类病害的也很多，严重影响着桥梁的寿命和使用安全，桥梁加固的任务还很重，也有广阔的市场。

本书共分七章，各章之间相互联系，形成一个整体，全书由梁全富、邵景干编著。其中第一章至第五章由梁全富、邵景干完成，第六章由梁全富、付立军、高建、郭汉超完成，第七章由邵景干、于涛、何华、邵平完成。

本书编著的许多材料通过对河南省多条高速公路的具体工程实际调查、设计计算、试验与分析而来。感谢河南省交通厅、河南省交通科学研究院、河南中原高速公路股份有限公司等单位的有关领导、专家和工程技术人员给予的大力支持和协作；感谢李友好、邓苗毅等对本书编著在加固设计计算及现场试验与分析方面所做的工作。由于时间紧促、水平有限，书中不足之处在所难免，敬请同行指正。

编著者
2007年1月

目 录

第一章 概述	1
一、问题的提出	1
二、旧桥检测、评价和加固技术研究的重要意义	5
三、公路旧桥检测、评定与加固技术	6
第二章 装配式简支空心板梁桥病害分析	16
一、空心板间企口缝混凝土损坏的病害形式	16
二、空心板间企口缝混凝土损坏病害产生 原因分析	20
三、空心板间企口缝混凝土损坏病害产生 机理分析	21
第三章 装配式简支空心板梁桥的加固技术	30
一、概述	30
二、空心板梁桥维修加固的方法	32
三、桥面补强层加固	38
四、增大截面和配筋加固	43
五、体外预应力加固	46

第四章 装配式简支空心板梁桥体外横向预应力	
加固机理与结构验算	68
一、空心板间企口缝混凝土完好状况时的结构	
验算分析	68
二、空心板间企口缝混凝土完全损坏时的结构	
验算分析	70
三、施加横向预应力加固分析比较	72
四、横向体外预应力索配置校核	75
五、横向体外预应力作用下局部结构的验算	89
第五章 简支空心板梁桥加固改造施工工艺与	
质量控制技术	92
一、简支空心板梁桥加固改造施工工艺与	
质量控制概述	92
二、原桥面铺装层及企口缝混凝土拆除施工	
工艺与质量控制技术	97
三、空心板间高强无收缩材料灌缝施工工艺与	
质量控制技术	100
四、横向体外预应力钢筋施工工艺与质量控制技术	104
五、桥面钢筋混凝土铺装层施工工艺与质量控制技术	110
六、桥面沥青铺装层施工工艺与质量控制技术	115
七、加固改造施工中的质量保证措施	116
第六章 荷载试验	120
一、试验荷载工况的确定	120

二、试验荷载等级的确定	121
三、加载方式及设备的选择.....	123
四、测点设置.....	126
五、静载试验过程	128
六、试验数据分析	133
七、桥梁承载能力评定	135
第七章 试验检测评定	141
一、湾店立交桥概况	141
二、试验检测目的	142
三、试验检测依据	142
四、试验检测主要项目	143
五、试验检测方法的主要仪器设备	143
六、试验测点布置	147
七、试验加载方案的确定和加载分级	148
八、数据测读规程及试验终止条件	153
九、全桥病害调查结果及原因分析	154
十、湾店立交桥静载试验结果	156
十一、湾店立交桥静载试验结果分析	165
十二、湾店立交桥动载试验结果分析	181
附件一 实例病害桥梁加固工程试验记录	187
附件二 桥梁病害调查、荷载试验情况及效益分析	192
参考文献	197

第一章 概 述

一、问题的提出

随着我国公路交通的日益发展，人们对道路服务水平也提出新的要求，桥梁作为现代道路中的重要组成部分，在其中发挥了不可缺少的作用。虽然桥梁在建设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，采取当时最先进的技术和材料，但仍然难以摆脱历史的局限性。所以，早期建设的许多桥梁表现出标准低和承载力不足的状况，甚至阻碍交通畅通，成为公路交通的“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，需要加固、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。在考虑公路桥梁建设的有关问题时，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。为不影响桥梁结构的正常使用和公路的正常运营，恢复或提高旧桥的承载能力和通行能力，保证其正常运营，满足现代交通运输的需要，对桥梁的加固与维修技术进行研究就显得十分必要。

在国外，桥梁加固改造技术已经引起了普遍关注，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，他们在兴建新桥的同时，十分重视旧桥的使用价值，许多发达国家建立了国际性的专门机构从事研究。1980年在巴黎和布鲁塞尔，1982年在华盛顿先后召开了关于旧桥问题的国际专题研讨会。1981年，由西方24个国家参加的“国际经济合作与开发组织”（OECD）主持召开了关于“道路桥梁维修与管理”的会议。美国、加拿大、英国、日本、德国、前苏联和印度等国都对公路桥梁检测评定、加固维修技术开展了很多研究工作。

根据统计，至2003年，我国共有公路桥梁310773座，其中危桥10443座，占桥梁总数的3.36%。根据河南省对运营中的高速公路日常养护和专项工程的桥梁病害状况调查，发现现役高速公路中最常用的装配式预应力简支空心板梁桥大量出现了不同程度的结构病

害。可见，桥梁工程病害问题已经非常严重。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”。目前来看，要达到纲要上制定的这个目标，还有相当的差距。

由于存在病害的桥梁数量多，而且病害发生的原因各异，因此，旧危桥加固、维修任务十分繁重，而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，消除安全隐患，是提高公路通行能力和服务水平的重要途径，亦是检验公路部门管养水平的重要标准。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，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及改造的先进技术、材料和设备，合理确定加固及改造方案，使旧危桥尽可能长地发挥作用，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。

综上所述，旧桥加固和维修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。

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。

二、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，以便给出相应的对策。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。针对实际情况，我国各省公路管理和养护部门均陆续开展了桥梁加固技术的研究和工程实践尝试。近二三十年来，国内出现了许多桥梁结构加固工程实例，在桥梁加固技术改造方面，特别是混凝土结构的加固补强方面，积累了丰富的实践经验，取得了丰硕成果。中国工程建设标准协会1991年制订颁布了“混凝土结构加固技术规范”。目前，交通部公路司组织一些省市公路局、交通部公路科学研究所等单位正在编制“公路混凝土桥梁加固技术规程”，用于规范指导公路混凝土桥梁的加固工作。

三、公路旧桥检测、评定与加固技术

1. 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。原则上说，试验部位的选择，应选择在能够全部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。

2. 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