



蒙 云
卢 波 编著

QIAOLIANG JIAGU YU GAIZAO

桥梁加固与改造



人民交通出版社

China Communications Press



QIAOLIANG JIAGU YU GAIZAO

桥梁 加固与改造

蒙云 卢波 编著



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书针对桥梁的各种各样病害,分门别类进行了分析、研究,从多角度讨论了病害发生的原因和治理的原理,详细地阐述了桥梁加固方法,系统论述了使用现代建筑材料对旧桥梁修复、加固和改造技术,使其恢复往日的生机。主要内容:桥梁常见的缺陷和病害、质量检测和荷载试验、缺陷与裂缝的修复、上下部结构加固和改造、抗震加固方法、桥面系维修与改造等。书中内容丰富,密切结合桥梁工程实际;在分析每类桥梁加固和改造课题时,都列举出相应的实例,最后设专章汇集了典型桥梁加固、计算和检测综合实例,以供读者参考和借鉴。

本书系大专院校公路桥梁专业教学用书,亦是从事桥梁工程建设和养护的广大工程技术人员的重要参考书。

图书在版编目(CIP)数据

桥梁加固与改造/蒙云,卢波编著.—北京:人民交通出版社,2004

ISBN 7-114-05260-X

I.桥... II.①蒙...②卢... III.①桥-加固②桥-维修 IV.U445.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第094067号

书 名:桥梁加固与改造

著 者:蒙 云 卢 波

责任编辑:刘永芬

出版发行:人民交通出版社

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) 85285838, 85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京交通印务实业公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:19.5

字 数:483千

版 次:2004年11月 第1版

印 次:2005年3月 第1版 第2次印刷

书 号:ISBN 7-114-05260-X

印 数:5001—8000册

定 价:29.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



前 言

Qianyan

20世纪80年代是一个春意盎然的年代,神州大地开始了经济复苏;那也是一个奋进的年代,沐浴着科学大会的东风,科学技术展现了“第一生产力”的风采。伴随着国民经济快速发展,交通事业日新月异。一大批20世纪80年代以前修建的公路桥梁已不适应交通运输发展的需要。因其建桥年代时代的局限,设计荷载偏低、桥面窄小、功能老化、承载力不足等,出现了各种各样的病害,成为交通运输发展的潜在隐患。面对数量庞大的旧桥、危桥,如要全部推倒重建,既不科学,更不现实,即使发达的西方国家也不可能办到。旧桥改造是一全球性的问题,引起了世界各国的高度重视,并提到了刻不容缓的议事日程上来。如同世界众多国家一样,我国桥梁维修、养护、加固、改造也已提到了桥梁建设的议事日程。“六五”、“七五”计划期间,交通部把旧、危桥加固改造纳入了科技攻关重点,其加固改造方法与技术“百花齐放”,适应了交通事业的发展。

在大量的工程实践和学术交流中,我们深感旧、危桥加固改造与新建桥梁存在很大的区别,无论是知识面、还是设计的制约因素和技术风险都远比设计新桥大得多,以现有设计新桥的知识是难以全部胜任旧危桥加固改造工作的。而新建桥梁是有限的,随着时光的流逝,任何“新”桥都会成为“旧”桥,加强对已建桥梁的维修养护和加固改造,将是桥梁工作者永恒的课题。正如世界上许多经济发达国家一样,桥梁维修、养护、加固与改造,必将成为我国桥梁工程领域中一门新兴的学科,这是毫无疑问的!20世纪80年代末,笔者在国内许多有识之士的支持下,总结了多年对旧危桥加固与改造的研究成果,并在广泛收集了国内大量旧、危桥加固改造的方法和技术的的基础上,编写出版了《桥梁加固与改造》一书。从1989年起列为重庆交通学院本科学生的必修课和部分研究生的选修课,至今16个春秋过去了,为国家培养了上千名具有桥梁加固改造专业知识的人才,对我国旧危桥加固改造作出了积极的贡献。随着交通事业的不断发展,20世纪80年代以后,新建的桥梁中有相当数量的桥也开始出现了不同程度的病害,承载力开始下降,这一现象再次引起了桥梁界对桥梁加固改造技术的极大关注,桥梁维修、养护、加固、改造开始了一个新的发展时期,先后纳入了各地交通部门的工作重点。值此再版之机,笔者对原书内容进行了充实和修改,作了较大幅度的调整。对旧危桥加固改造原理、方法和技术作了一定深度的提炼,增加了粘贴碳纤维布、芳纶纤维布等新材料加固和桥面维修及抗震加固等方法和技术,除每种加固方法都列举了相应的加固实例外,还专门在第十一章中列举了详细的典型加固实例和计算、检测方法,供学习和工作中的参考。本书再版后希望能对在校学生学习和从事桥梁加固改造工作的同仁能有所助益。

由于科学技术在不断发展,桥梁加固与改造技术作为一门新兴的学科,新方法、新技术也在不断发展和完善。限于作者水平,书中不足之处,恳请读者批评指正。

本书在编写过程中得到于秀荣、钱鸿、刘艳珂、张会礼、陈红等大力的支持和协助,谨表示诚挚的谢意!

蒙 云

2004年7月于重庆



目 录

Mulu

第一章 绪论	1
第一节 国内外桥梁现状及加固改造的迫切性.....	1
第二节 桥梁加固改造的技术途径、设计原则及基本要求	3
一、旧桥加固与技术改造中的几个问题	3
二、目前桥梁加固改造的技术途径	4
三、加固桥梁设计的原则	5
四、桥梁加固的基本要求	5
第二章 桥梁常见的缺陷	7
第一节 桥梁承载能力不足.....	7
一、桥梁设计荷载偏低	7
二、设计原因	9
三、施工原因	10
四、外界因素	10
第二节 常见裂缝产生的原因	11
一、变形与形变	11
二、裂缝	12
三、裂缝类型	12
四、桥梁结构常见的裂缝及裂缝形式	13
第三节 墩台及其他病害	16
一、桥梁墩台缺陷及病害	16
二、引起墩台基础病害问题	17
第三章 桥梁结构质量检查	20
第一节 桥梁检查	20
一、桥梁检查种类	20
二、桥梁检查主要项目	21
三、桥梁检查常用表格	22
第二节 资料收集	23
一、桥梁技术档案	23

二、桥梁的维修与养护记录	24
三、现行交通量、车辆吨位及其发展趋势	24
四、环境影响	25
五、现场桥梁资料调查收集	25
六、资料整理和分类	25
第三节 桥梁结构现场检测	25
一、桥梁材质检测	25
二、桥梁支座、伸缩缝检测	32
三、桥梁铺装缺陷检查	35
四、结构特殊部位检查	40
第四节 承载能力评定方法	40
一、按外观检查进行评定	41
二、按理论计算分析评定	43
第五节 分析判断与选定加固改造方案	46
一、判断旧桥需加固的标准	46
二、桥梁加固改造方案的选定	47
三、加固设计时应注意旧桥演算要点	48
第四章 桥梁结构荷载试验	49
第一节 静载试验	49
一、荷载试验主要内容	49
二、试验准备工作	49
三、加载方案和测试设置	50
四、静载试验仪器	53
五、静载试验操作	53
第二节 动载试验	55
一、动载试验测试仪器	56
二、桥梁动载试验激振方法	58
第三节 检测资料统计和静动荷载数据分析	59
一、误差产生与种类	59
二、误差分类	60
三、误差估计	60
四、多次测量误差分布	62
五、可疑数据取舍	63
六、误差传递	65
第四节 桥梁承载能力评定	67
一、桥梁静载试验数据分析	67
二、桥梁动载试验数据分析	71
第五章 桥梁结构缺陷与裂缝修复	76

第一节 混凝土桥梁表层缺陷的修复	76
一、缺陷产生原因	76
二、混凝土桥梁结构表层缺陷检查和修补材料	77
三、混凝土桥梁表层缺陷修补	83
四、桥梁结构钢筋锈蚀与修补	85
第二节 砖石桥梁结构表层损坏修补	86
第三节 桥梁结构裂缝修补	87
一、表面裂缝封闭修补法	87
二、内部裂缝修补	89
三、壁可法修补裂缝	95
四、加固实例	96
第六章 梁桥上部结构加固与改造	97
第一节 梁桥加固基本原理	97
一、梁桥基本力学图式	97
二、加固基本原理	97
第二节 增大梁截面加固方法与技术	98
一、增焊主筋加固法	98
二、增大梁肋加固法	99
三、加厚桥面板加固法	101
四、喷射混凝土加固法	101
第三节 粘贴加固方法与技术	102
一、粘贴钢板加固法	102
二、粘贴钢筋加固法	104
三、粘贴玻璃钢加固法	105
四、粘贴碳纤维布加固法	106
五、粘贴芳纶纤维布加固法	110
六、粘贴法加固材料质量控制	111
第四节 体外预应力加固方法与技术	113
一、预应力加固法基本概念	113
二、预应力拉杆加固钢筋混凝土梁板	114
三、预应力补强加固设计与应用实例	116
第五节 增加辅助构件加固方法与技术	117
一、增设纵梁加固法	117
二、梁式桥上部结构拓宽改建	118
第六节 改变结构体系加固方法与技术	119
一、改变结构体系加固概念	119
二、简支梁变为连续梁加固法	120
三、加劲梁或叠合梁加固法	120

四、改桥为涵加固法	121
第七章 拱桥加固与改造	122
第一节 拱桥加固与改造的基本原理	122
一、拱桥基本力学图式	122
二、加固基本原理	122
第二节 增大主拱截面加固方法与技术	123
一、拱圈加固厚度拟定	123
二、主拱圈下缘增大截面加固法	125
三、主拱上缘增大截面加固法	128
第三节 粘贴加固方法与技术	129
一、环氧砂浆粘贴钢板或钢筋加固法	130
二、环氧胶浆粘贴玻璃纤维布(玻璃钢)、碳纤维布、芳纶纤维布加固法	132
第四节 调整主拱圈内力加固方法与技术	133
一、调整拱轴线与压力线加固法	133
二、顶推加固法	136
第五节 改变结构体系加固方法与技术	141
一、梁拱结合体系加固法	142
二、转换桥形加固法	142
三、加固实例	143
第六节 外部预应力加固方法与技术	144
一、外部预应力加固法	144
二、钢板箍或钢拉杆与螺栓锚固加固法	144
三、钢筋混凝土拱桥加固改造	145
四、加固实例	145
第七节 减轻拱上建筑重量加固方法与技术	145
一、减轻拱上建筑重量的常用方法	145
二、施工方法	146
三、加固实例	147
第八章 桥梁下部结构加固与改造	149
第一节 桥梁下部结构存在的主要缺陷和病害	149
一、桥梁基础存在的问题	149
二、桥梁墩台缺陷	151
第二节 墩台基础维修	151
第三节 扩大基础加固方法与技术	155
一、扩大基础加固法	156
二、补桩加固法	156
三、钢筋混凝土套箍或护套加固法	157
四、桥台滑移倾斜处理	157

第四节	旋喷加固方法与技术	158
一、	旋喷法工艺类型与特征	159
二、	旋喷法加固墩台基础设计计算方法	160
三、	旋喷法加固墩台基础施工	162
第五节	桥梁下部结构改造	162
一、	墩台基础加宽	162
二、	墩台基础加高和改建	164
三、	墩台基础加高和改建施工顺序	165
第九章	桥面系加固改造及维修	166
第一节	桥梁支座分类	166
一、	按支座变形可能性分类	166
二、	按支座用材料分类	166
三、	支座受力类型	167
第二节	桥梁支座损坏及原因	168
一、	支座损坏可分为三大部分	168
二、	支座损坏原因	168
第三节	桥梁伸缩缝维修与养护	169
一、	专用名词术语	169
二、	伸缩缝装置构造	170
三、	伸缩缝装置破坏形式及原因	171
四、	伸缩缝装置的修补	174
第四节	桥面铺装维修与养护	175
一、	桥面铺装的作用	175
二、	桥面铺装层常见的缺陷	176
三、	桥面铺装层维修与养护	178
第十章	桥梁结构抗震加固	180
第一节	桥梁抗震概述	180
一、	地震	180
二、	土的性质与土层反应	184
三、	桥梁抗震标准	187
四、	地震对桥梁的危害	188
五、	桥梁抗震加固	191
第二节	梁桥上部结构抗震加固方法与技术	193
一、	伸缩缝加固	193
二、	防止落梁抗震加固	195
三、	上部结构抗弯能力	196
第三节	拱桥上部结构抗震加固方法与技术	197
一、	石拱桥	197

二、双曲拱桥	197
第四节 桥梁下部结构抗震加固方法与技术	197
一、盖梁—柱节点区的加固	198
二、提高基础稳定性	199
三、提高基础抗弯能力	200
四、提高基础抗剪能力	200
五、提高基础整体性和稳定性方法	201
第十一章 桥梁加固改造实例	202
第一节 用下撑式预应力拉杆加固青山桥	202
第二节 黄堡桥技术改造研究	221
第三节 粘贴玻璃钢加固魏山河桥	231
第四节 增加纵梁加固宁武桥	241
第五节 大开门桥加固改造	244
第六节 用喷锚混凝土加固里八庄双曲拱桥	254
第七节 粘贴钢板等加固高大桥	260
第八节 云梦桥加固改造研究	268
第九节 用预应力高强钢索对拉桥台	275
第十节 改变结构体系加固改造南渡桥	282
第十一节 喷锚加固游渡河百米大跨石拱桥	290
第十二节 碳纤维布在韩庄闸公路 T 梁桥加固中的应用	294
参考文献	301



• 第一章 •

绪 论

第一节 国内外桥梁现状及加固改造的迫切性

随着国民经济的发展,交通运输量大幅度增长,行车密度及车辆载重越来越大,尤其是推行拖挂运输和集装箱运输后,重型车辆日益增多,现有相当一部分公路桥梁已满足不了使用要求,这是世界各国所面临的严峻问题。例如:据美国 1981 年统计共有公路桥梁 566 000 座,曾调查了 514 000 座,其中 98 000 座桥必须关闭交通,或降低使用标准或立即整修,约占总数的 20%;102 000 座桥老化,桥面太窄或承载能力偏低,约占总数的 20%。其他国家均面临同样的问题。桥梁的陈旧、老化、强度降低,这是一个全球性的问题,引起了世界各国的极大关注,并提到了刻不容缓的议事日程上。目前,在世界范围内,桥梁维修、养护、加固的技术已成为交通研究领域中的重要课题。由西方 24 个发达国家参加的联合国“经济合作与发展组织(OECD)”,于 1981 年召开“关于道路桥梁维修管理国际会议”;1982 年召开的“国际桥梁与结构会议”,1983 年召开“第十七届国际道路会议”,很多国家对现有桥梁的安全性评价、检查及维修加固等方面,提出了众多篇有价值的论文。该“组织”还组织有关国家进一步开展这方面的研究工作。1980 年在巴黎和布鲁塞尔,1982 年在华盛顿,都曾召开关于旧桥问题的国际专题讨论会。

随着世界上许多发达国家公路网络的日趋完善,新建公路、桥梁逐渐减少,已建公路、桥梁的维修、养护、加固、改造已成为公路交通部门的工作重心。

在我国,建国以来随着交通运输事业的发展,特别是近 20 年来,我国公路建设事业蓬勃发展,不仅车辆数量急剧增加,而且车辆重量越来越大。尽管我国公路的通行能力和服务水平已经得到了很大的改善和提高,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,每年新建的高速公路由几十公里上升到一千公里以上,到 2000 年底,全国高速公路总里程已达到 16 285 公里(未计入台湾省),全国公路里程达到 167.98 万公里,公路密度达到 17.5 公里/百平方公里,为 1978 年的 1.86 倍。二级以上公路占全国公路总里程的比重由 1979 年的 1.3% 提高到 2000 年的 13.1%,主要城市之间的公路交通条件显著改善,公路交通紧张状况初步缓解。同时,县乡公路里程快速增长,质量也有很大提高,有的省份已实现全部县道铺筑沥青路面,乃至达到二级技术标准,全国实现了 100% 的县、98% 的乡和 89% 的行政



村通公路。但是我国幅员辽阔,就整个公路网络而言,在国民经济总体中,公路交通设施的“瓶颈”制约因素,尚未得到根本的缓解。在现有公路上,数以万计的旧桥,特别是上个世纪 80 年代以前修建的桥梁,由于设计荷载标准低,承载能力不足,宽度不够,加之年久失修、维修养护不够,相当多的桥梁发生不同程度的破损,正逐步成为危桥,成了不断提升技术等级的公路上卡脖子路段。根据 1982 年不完全统计,我国在 20 世纪 80 年代以前修建的公路桥梁有 136,000 座,大部分是按 1972 年以前部颁标准建造的,其中危桥 4,823 座,共 12,788 延米,单是大、中桥,汽—10 级以下标准的就占 8.6%,近 11.7 万延米。以当时四川省为例,全省公路里程为 95 592 公里,公路桥梁共 14,573 座,共 416,011 延米,其中大、中桥梁 2,873 座,229,311.9 延米。而汽—20、挂—100 荷载等级以上的桥梁只有 230 座,35,060.5 延米,仅占全省大、中桥梁总数的 8%。全国其他省、市、自治区的情况也大致如此。边远省份的状况更严重一些,例如,新疆除 1978 年以后按汽—20、挂—100 荷载标准设计修建的 8 座桥梁外,其余 91.7% 的桥梁均是按汽—15 以下荷载标准设计修建的,而汽—13、拖—60 以下标准占了 59.89%,远远跟不上交通发展的需要。尽管改革开放以来,我国的交通建设取得了长足发展,截至 1998 年底,全国已共有公路桥梁 210,822 座。但由于我们国家是个发展中国家,虽然建设桥梁时,充分考虑了当时、当地远景经济发展和社会诸多方面的技术需求,采用了当时先进的技术和材料,但仍在很大程度上难以摆脱历史的局限性,并受到当时经济状况的制约。

随着我国经济建设的高速发展,社会工业化水平提高,不仅车辆数量急剧增加,车辆重量增大,而且车速也相继提高,人们对道路的服务水平也提出了新的要求。近 20 年来,尽管我国开始了对旧桥加固改造技术的研究,在“六五”、“七五”计划期间,各地交通部门对大批旧危桥进行了加固改造,但由于旧危桥数量庞大,加上 20 世纪 80 年代以后修建的桥梁随着运营年限的增加,也逐步进入了维修养护期,缺陷和病害开始显现和发展,特别是大型、重型车辆与日俱增,超限、超载车辆越来越多,对桥梁的损伤和破坏日趋严重,大批桥梁又加入了维修、养护、加固改造的行列,从而使桥梁建设可持续发展问题日显重要和突出。以重庆市旧危桥加固改造计划为例,截止 2003 年底,重庆市共有桥梁 1800 余座,国、省道上尚存四类危桥 143 座,承载力不足,亟待提高荷载等级的旧危桥 601 座,占现有桥梁总数的 40% 以上;据四川省 2001 年普查资料,全省共有桥梁 17,521 座,虽经多年加固改造,目前仍存在病危桥 945 座,占桥梁总数的 5.4%,并有相当比例的桥梁承载力偏低,不能满足交通发展的需要,有待于加固提高荷载等级。特别值得一提的是,即使 20 世纪 90 年代以后修建的钢架拱桥、悬索桥、肋拱桥、斜拉桥等由于车辆超载现象严重、超负荷运行及设计不合理、养护未跟上等诸多原因,也相继出现病害。重庆长江二桥(李家沱长江大桥)为主跨 440m 的混凝土斜拉桥,通车不到十年,就出现大量病害,投入了上千万元的加固补强费用。全国各省市的情况基本相似,必须引起我们的高度重视。交通部《公路科学养护与规范化管理纲要》(1991~2000 年)中提出“到本世纪末,基本上消除国、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目标,还有相当的差距,任重而道远。

对于上述不能适应现代交通运输的桥梁,如果全部拆除重建,不仅资金耗费巨大,而且在时间上也不允许。即使经济最发达的美国,若将 40% 的桥梁推倒重建,大约需要 3000~5000 亿美元,也是不现实的。因此,世界各国不论是发达国家或是发展中国家,无一不把已建桥梁视为国家的宝贵财富,竞相投入大量的人力、物力,不断加强现有桥梁的维修、养护、加固与改



造,使其恢复设计承载能力或提高荷载标准,把延长桥梁的使用年限,保障公路建设的可持续发展作为一项基本国策。在公路建设中,我国交通部也要求各级交通主管部门要积极贯彻“建养并重”方针,切实纠正“养路不养桥”的倾向,将桥梁的检查、维修、加固与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,并及时维修、加固补强,防患于未然,加快旧危桥整治、加固的步伐,确保交通畅通和发展。因此,加固旧危桥,恢复和提高它们的承载能力,使其继续为现代交通运输服务,可以给国家带来巨大的社会效益和经济效益。据国外资料介绍,旧桥的加固改造费用仅为新建桥梁的 10% ~ 20% 左右,国内已有经验表明,一般情况下拱式桥梁的加固费用约为重建新桥的 20% ~ 30%,梁桥的加固费用约高于拱桥,通常为 30% ~ 40%,较重建新桥可以为国家节省大量的资金,社会、经济效益十分显著。

20 世纪 80 年代以来,我国在旧桥加固改造技术的研究和试验方面进行了大量的工作。交通部在“六五”、“七五”计划期间下达了一系列有关旧桥检测、承载力评定及加固技术的科研课题,举办了多次桥梁维修、养护、加固、改造技术的学术会议。各省、市、自治区交通部门都在桥梁维修、养护、加固、改造的实践中取得了不少成功的经验,并在实践中获得了显著的社会、经济效益,推动了交通事业的发展。随着交通运输的发展需要,旧桥的维修、养护、加固与改造必将成为桥梁工程中的一门新兴学科,这是毫无疑问的。西方一些发达国家已先后把公路、桥梁的维修、养护、加固与改造纳入大专院校土木工程学科的重点课题,培养了一大批维修、养护和加固改造的专门技术人才。随着社会的进步和发展,在我国也只是时间早晚的问题。

第二节 桥梁加固改造的技术途径、设计原则及基本要求

一、旧桥加固与技术改造中的几个问题

1. 旧桥

旧桥凡是需要进行维修、检测、加固及技术改造的桥梁,都可认为是“旧桥”。在一般情况下,旧桥不外乎要解决三大问题:维修、整治、加固和技术改造。

(1) 维修

旧桥正常维护和修缮工作内容:常规的排、堵、防水设施维修,桥面伸缩缝中的异物清理、破损围栏的修复,支座的防护等。

(2) 整治

对桥梁(不影响桥梁受力的构件部位)常见的缺损和缺陷进行整治和处理,如:桥面铺装层、伸缩缝装置、防水设施、轻微的结构破碎等的常规维护和修复工作。

(3) 桥梁加固与技术改造

对桥梁构件补强、改善结构性能,提高桥梁的承载能力和通行能力,延长桥梁的使用寿命,适应现代交通运输的要求。桥梁维修加固和改造一般分为:永久性加固和临时性加固;前者加固的结构需要长期的保留在桥梁的结构之中;后者是为了通行超重车而采用的临时性加固措施。

2. 旧桥加固与技术改造的主要工作内容

(1) 加固与技术改造



- ①桥梁上部构件加固;
- ②桥梁下部构件加固;
- ③桥梁基础处理;
- ④拓宽桥梁的行车道、人行道;
- ⑤提升桥梁上部结构;
- ⑥更换桥梁结构;
- ⑦桥梁引道的路线线性改造。

(2)桥梁维护、整治

- ①桥梁结构小修和小养
桥面的整治;排水系统处理;裂缝、剥落、缺角、钢筋外露处理(再不影响桥梁承载力情况下);支座维护处理;防锈、防腐处理。
- ②桥梁的定期检查。
- ③桥梁的超重车控制。
- ④桥梁的技术资料的管理和保存。

二、目前桥梁加固改造的技术途径

桥梁加固一般是指:通过对构件的补强和结构的性能改善,以恢复或提高现有桥梁的承载能力,延长使用寿命,适应现代交通运输的要求。目前,国内外对桥梁进行加固改造的技术途径主要有以下五种:

1. 加强薄弱构件

在桥梁上,对于有严重缺陷的部位,或者因要通行重型车辆而不能满足承载要求的部位,如:梁桥的跨中部位、支座部位、承受负弯矩的部位;拱桥的拱顶、拱脚、1/4 拱跨部位;以及其他变截面处等,采取加强措施,进行铺强。在桥梁结构中,特别要注意的是:桥梁的薄弱处一般在受拉区范围内,受压区的情况则比较少。所以,对于薄弱处补强方法,往往采用喷射混凝土、粘贴钢板、玻璃钢,增大主梁或主拱圈截面的方法,增加其强度,以及采用高等强度混凝土或环氧混凝土砂浆封填裂缝,增设预应力钢筋或粘贴附加构件对缺陷进行处理。

2. 增加辅助构件

在桥梁承载力不足或因为某种原因致使桥梁遭受破损时,可以在原有的结构上增加新的受力构件,如:梁桥中增设主梁、横隔梁;简支梁之间加设辅助构件,使其成为连续梁的工作状态;梁下部采用八字支撑方式,增加跨孔改变受力状态;拱桥中采用梁式结构替代回填料等。特别注意的是:在更换原有结构上的有严重缺陷、又不能修复的构件时,必须设置足够的临时支撑,或采取可靠的措施,以保证整个结构在施工中的安全。

3. 改变结构体系

根据桥梁的实际状况,采用梁式结构改为拱式结构;拱式结构改为梁式结构;简支梁改为连续梁;单跨结构改为多跨结构;增加支点;铰接支撑改为刚性连接等,通过这些手段达到改善结构薄弱处的受力状态,提高整体桥梁的承载能力。

4. 减轻恒载

减轻桥梁上部结构的恒载,改善原桥梁的受力状态,提高桥梁的承载能力,特别是在桥梁



基础承载力受到限制,不能满足加固上部结构和提高活载承载力时,通过减轻桥梁恒载的办法来提高承受活载的能力,乃一种经济有效的措施,如:将实腹式拱桥改建为空腹式拱桥,或更换拱上填料的办法,对提高拱桥承载力,具有十分显著效果。

5. 加固桥墩、台及基础

在桥梁结构中,有相当的一些缺陷是由桥梁墩、台和基础的病害引起的,因此,需要从其着手进行加固处理。通常采用的办法是:用钢筋混凝土套箍并施加外部预应力加固墩身。对于基础加固措施,常采用加桩法和扩大基础法进行处理。

三、加固桥梁设计的原则

进行旧桥加固和技术改造前,需要进行详细设计。对于关键技术措施,应先进行室内试验,掌握技术要求和检测方法,才可能完成和完善施工图的设计。旧桥加固设计仍然以现行的桥梁理论为基础,采用桥梁《规范》为标准进行设计。旧桥加固改造方案的确定,首先要根据桥梁的现有技术状况,存在的病害,车辆通行的需要,以及将来交通发展的趋势,对加固改造的必要性和可能性作出分析判断。然后对各种加固改造方法的技术经济效益进行比较,选择合理的加固方案。设计时特别要注意以下几点:

(1)加固后的桥梁,在使用荷载作用下,原有的结构和新增加的结构各部分的强度、刚度和裂缝,均应符合现行设计规范的要求。

(2)当仅要求提高活载能力时,加固改造工作可以在原结构保持恒载应力状态下进行。此时,原有结构的全部恒载和加固改造后所增加的恒载,均由原结构承担,活载由原结构和新增加的构件或加大后的截面共同承担。

(3)如果通过检测和计算,原结构的工作应力已接近或已超过允许值,需要减小原桥的恒载应力,应采取一定的卸载措施,如:减少拱上填料;用轻质材料更换原桥面铺装层;用外加预应力使桥梁产生附加上拱度,或者在桥梁的跨中部位适当的顶起,使桥梁在卸去部分恒载的情况下进行加固,此时新构件(截面)除与原结构共同承担活载外,还承担原有结构的一部分恒载,新旧结构按整体受力计算。

(4)采用增大截面法进行旧桥加固改造时,由于新旧结构的材料性质或混凝土之间收缩率的不同,引起结构内力的重分布,在新旧材料或新旧结合面处将出现较大的拉应力,极易出现裂缝而影响结构的整体性。因此,必要时应该进行收缩应力的计算;在新旧材料或者新旧结构之间的结合面处采用增加纤维和采用性能相近的材料进行补强。

四、桥梁加固的基本要求

1. 需要进行加固的桥梁

桥梁加固和技术改造所涉及到的因素很多,通常急需要加固的桥梁都是:

- (1)处于交通要道,车辆通行密度大,通行的车辆荷载高。
- (2)桥梁的建造年代久远、有不同程度的缺陷和病害。

当前,有个别部门往往对病态的桥梁认识不足,认为桥梁还能行车就可以维持等,桥梁的加固和技术改造工作不易取得辉煌的业绩,因而没有摆到重要议程。

从某种意义来讲,旧桥加固和技术改造的难度甚至超过了新建造一座桥,因此,对现有的



桥梁加固改造需要提出以下基本要求。

2. 旧桥加固改造的基本要求

- (1) 加固改造技术可靠, 耐久性满足使用要求。
- (2) 加固费用省, 经济效益高(与新建造一座桥梁相比)。
- (3) 设备简单, 施工方便。
- (4) 尽量不中断交通或少断交通。
- (5) 加固改造的材料性能好, 养护工作量少。
- (6) 尽量减少对原桥梁结构的损伤。

3. 桥梁加固改造应注意的问题

进行旧桥加固改造工作前, 需要先进行详细的设计工作。对关键的技术措施, 应先进行室内试验, 掌握其技术要求和检验方法。加固设计时应注意以下几点:

(1) 加固后的桥梁, 在使用荷载作用下, 原有结构和新增加的结构各部分的强度、刚度和裂缝, 均应符合现行设计规范的要求。

(2) 当仅要求提高活载能力时, 加固改造工作可以在原结构保持恒载应力状态下进行。此时, 原有结构的全部恒载和加固改造后所增加的恒载, 均由原结构承担, 活载由原结构和新增加的构件或加大后的截面共同承担。

(3) 如果通过检测和计算, 原结构的工作应力已接近或已超过允许限值, 需要减小原桥的恒载应力, 应采取一定的卸载措施, 如: 减少拱上填料; 用轻质材料更换原桥面铺装层; 用外加预应力使桥梁产生附加上拱度, 或者在桥梁的跨中部位适当的顶起, 使桥梁在卸去部分恒载的情况下进行加固, 此时新构件(截面)处与原结构共同承担活载外, 还承担原有结构的一部分恒载, 新旧结构按整体受力计算。

(4) 采用增大截面法进行旧桥加固改造时, 由于新旧结构的材料性质或混凝土之间收缩率的不同, 引起结构内力的重分布, 在新旧材料或新旧混凝土的结合面上将出现较大的拉应力, 容易出现裂缝而影响到结构的整体性。因此, 必要时应该进行收缩应力的计算; 在新旧材料或者新旧结构之间的结合面处, 采用增加纤维和采用性能相近的材料进行补强。为减小混凝土收缩的不利影响, 新浇混凝土不宜采用过高等级的水泥和较大的水灰比, 并在新浇混凝土中设置钢丝网或者尽可能采用性能相近的材料进行加固补强。