

桥梁结构检测与加固技术

主 编 于天来 江阿兰

主 审 张印阁



东北林业大学出版社

U443/17

2004

桥梁结构检测与加固技术

主 编 于天来 江阿兰
主 审 张印阁

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

桥梁结构检测与加固技术/于天来, 江阿兰主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社,
2004.1

ISBN 7 - 81076 - 531 - 0

I. 桥… II. ①于… ②江… III. ①桥梁结构-检测 ②桥-加固 IV. ①U443 ②U
445.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 009615 号

责任编辑: 朱成秋

封面设计: 彭宇



NEFUP

桥梁结构检测与加固技术

Qiaoliang Jiegou Jiance Yu Jiagu Jishu

主 编 于天来 江阿兰

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

黑龙江省地质测绘印制中心印刷厂印装

开本 787 × 1092 1/16 印张 13 字数 288 千字

2004 年 1 月第 1 版 2005 年 7 月第 2 次印刷

ISBN 7-81076-531-0

U·44 定价: 22.00 元

前 言

随着我国国民经济持续快速的发展,我国交通运输事业也迎来一个辉煌灿烂的时代。截至 2002 年底,全国高速公路通车总里程已达 2.52 万千米,公路桥梁总数达 29.9 万座,计 1 161.2 万延米。全国每年都有一大批结构新颖、雄伟壮观、形式多样的桥梁建成,无论是在桥梁单跨跨度、结构复杂程度方面还是在施工技术难度方面,我国桥梁建设技术水平均已进入世界先进行列。

相对于其他基础设施,公路桥梁造价高、投资大,社会效益和社会影响巨大,如何保证新建桥梁工程的勘察设计与施工质量,在强化施工、管理、质量监督等相关程序的前提下,对那些影响较大、结构新颖、隐蔽工程较多的桥梁进行全桥实桥荷载试验,是竣工验收时对桥梁工程内在质量进行评定时最直接、最有效的方法和手段,同时亦为设计理论、施工技术总结与积累了经验,为桥梁建设整体水平的提高创造了条件,为今后桥梁的养护管理提供了科学的依据。因此说,桥梁荷载试验是一件十分重要、严肃和有益的工作。

另外,由于历史和资金的原因,我国也还有相当数量 20 世纪 60~70 年代甚至更早时期修建的桥梁仍然在担负着繁重的交通运输任务。截至 2002 年底,全国公路危桥数量为 3 402 座,计 14.557 5 万延米。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。在加速全国高速公路网建设的同时,对数量更为巨大的较低等级公路进行改造,任务也相当繁重。如何对这些公路上既有桥梁的承载能力作出正确判断,进而决定是否利用或加固也就显得非常重要。对既有桥梁,在按有关规程充分收集桥梁技术资料、全面检测和理论分析计算的基础上,可对其承载能力作出评定。但不容置疑,对桥梁结构承载能力最有效、最直接和最有说服力的评价还是桥梁荷载试验,其作用与效果亦是其他方法和手段所无法代替的。

在桥梁发展历程中,新桥终究要变成旧桥,因此公路桥梁加固、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。公路桥梁加固、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。本书借鉴了国内外已有试验研究成果和资料,系统地介绍了桥梁结构现场检测技术以及桥梁常用的各种加固方法。

本书共分四篇，全书由于天来、江阿兰主编并负责统稿，由张印阁主审，王伟哲、徐文远参加了编写工作。具体分工如下：于天来：第一篇，第二篇第一章，第三篇第一、二、三章，第四篇第一章；江阿兰：第二篇第二、三章，第三篇第六、七章，第四篇第二章；王伟哲：第二篇第四章，第三篇第八章；徐文远：第二篇第五章，第三篇第四、五章，第四篇第三章。

限于编者水平和时间，不足之处谨请使用本书的师生与读者批评指正，以使本书在教学实践与生产实践中日臻完善。

编 者
2004年1月

目 录

第一篇 绪 论

第一章 公路桥梁试验与检测技术·····	(1)
第一节 桥梁试验的意义与分类·····	(1)
第二节 桥梁检测的工作内容·····	(3)
第二章 公路旧桥评定与加固技术·····	(5)
第一节 旧桥评价原则·····	(5)
第二节 旧桥加固、改造技术·····	(6)

第二篇 桥梁结构检测技术

第一章 桥梁结构的细部检查·····	(9)
第一节 桥梁的主要技术资料·····	(9)
第二节 桥梁现状的细部检查·····	(10)
第二章 混凝土无损检测技术·····	(14)
第一节 概 述·····	(14)
第二节 回弹法检测混凝土强度·····	(17)
第三节 混凝土超声检测技术基础·····	(25)
第四节 超声-回弹综合法检测混凝土强度·····	(29)
第五节 超声法检测混凝土缺陷·····	(32)
第六节 局部破损检测方法简介·····	(44)
第三章 超声法检测混凝土钻孔灌注桩·····	(49)
第一节 超声法检测混凝土钻孔桩的基本原理及装置·····	(49)
第二节 超声法检测混凝土钻孔桩技术·····	(53)
第三节 灌注桩混凝土缺陷的判断·····	(56)
第四章 桥梁荷载试验·····	(66)
第一节 荷载试验的目的及其主要内容·····	(66)
第二节 加载方案和测点设置·····	(68)
第三节 静载试验仪器设备·····	(72)
第四节 静载试验·····	(90)
第五节 试验数据分析及桥梁承载力评定·····	(93)
第六节 结构动载试验·····	(100)
第五章 桥梁模型试验原理·····	(117)
第一节 概 述·····	(117)

第二节	相似原理·····	(118)
第三节	相似准则的确定·····	(122)
第四节	模型设计原理·····	(127)

第三篇 桥梁结构加固技术

第一章	桥梁结构裂缝的修补·····	(140)
第一节	修补裂缝的常用方法·····	(140)
第二节	化学灌浆修补法·····	(141)
第二章	桥面补强层加固桥梁·····	(145)
第一节	桥面补强层加固法·····	(145)
第二节	钢纤维补强混凝土·····	(146)
第三章	外包混凝土加固桥梁·····	(153)
第一节	加固类型及适用范围·····	(153)
第二节	外包混凝土加固计算·····	(153)
第三节	构造规定与施工要求·····	(154)
第四章	锚喷混凝土加固桥梁·····	(156)
第一节	锚喷混凝土特点·····	(156)
第二节	锚喷混凝土性能·····	(157)
第三节	锚喷混凝土加固旧桥设计原则·····	(158)
第四节	锚喷混凝土加固旧桥施工工艺·····	(159)
第五章	贴钢法加固桥梁·····	(161)
第一节	粘贴钢板加固法·····	(161)
第二节	粘贴钢板法的计算·····	(163)
第三节	粘贴钢板法施工与验收·····	(165)
第四节	粘贴钢筋加固法·····	(166)
第六章	体外预应力加固桥梁·····	(167)
第一节	加固方法与机理·····	(167)
第二节	加固设计与计算·····	(169)
第七章	碳纤维布加固桥梁·····	(171)
第一节	碳纤维材料与要求·····	(171)
第二节	碳纤维布加固补强受力分析与设计计算·····	(173)
第三节	碳纤维布加固旧桥施工工艺与要求·····	(175)
第八章	下部构造加固·····	(177)
第一节	下部构造加固的前提条件·····	(177)
第二节	下部构造加固的方法·····	(178)

第四篇 桥梁检测、加固技术实例

第一章	重庆市合川云门嘉陵江大桥测试技术·····	(179)
-----	-----------------------	-------

第一节	静载试验	(179)
第二节	动载试验	(182)
第二章	上顿渡大桥加固提载实例	(184)
第一节	上顿渡大桥基本概况	(184)
第二节	上顿渡大桥加固前荷载试验	(185)
第三节	上顿渡大桥 T 梁加固提载设计与施工	(187)
第四节	上顿渡大桥加固提载后荷载试验	(190)
第三章	双凤桥的加固、改造	(192)
第一节	双凤桥加固改造的必要性	(192)
第二节	双凤桥加固、改造方案	(194)
第三节	加固施工要点	(197)
主要参考文献		(199)

第一篇 绪 论

第一章 公路桥梁试验与检测技术

第一节 桥梁试验的意义与分类

在科学技术的发展过程中,科学试验起着非常重要的作用。从土木工程设计计算理论的演变历史来看,每一种理论体系的建立和发展一般都和大量的科学试验、生产实践密切联系。试验研究对于推动和发展结构设计计算理论、解决生产实践中出现的疑难问题往往起到了重要的作用。

在桥梁工程的发展中,桥梁试验也起到了同样重要的作用。大量的试验研究成为促进桥梁结构设计计算理论、设计方法不断发展的重要因素之一。桥梁试验是指对桥梁原型结构或桥梁模型结构所进行的直接的科学试验工作,包括试验准备、理论计算、现场试验、分析整理等内容的一系列工作。桥梁原型试验也称之为桥梁检测,其目的是通过试验,掌握桥梁结构在试验荷载作用下的实际工作状态,判定桥梁结构的承载能力和使用条件,检验设计与施工质量;桥梁模型试验的目的是研究结构的受力行为,探索结构应力、应变的内在规律,为设计施工服务。随着交通事业的蓬勃发展,新结构、新材料、新工艺的不断涌现,桥梁工程的试验技术日益受到人们的重视,并不断得到发展和提高。桥梁试验的任务主要包括以下几个方面:

(1) 确定新建桥梁结构的承载能力和使用条件。对于重要的桥梁结构,在其建成竣工后,通过桥梁试验考察该桥的施工质量与结构性能,判定桥梁结构的实际承载能力,为竣工验收、投入运营提供科学的依据。对于新型或复杂的桥梁结构,通过系统的桥梁试验,可以掌握结构在荷载作用下的实际受力状态,探索结构受力行为的一般规律,为充实和发展桥梁结构的设计计算理论积累科学的资料。

(2) 评估既有桥梁的使用性能与承载能力。对于既有桥梁结构,在运营期间,因受水害、地震等自然灾害而损伤,或因设计施工不当而产生严重缺陷,或因使用荷载大幅度增长而严重超过设计荷载等级,通常通过桥梁试验来评估既有桥梁的使用性能与承载能力,为既有桥梁养护、加固、改建或限载对策提供科学的依据。这对于缺乏完整技术资料的既有桥梁更为必要。

(3) 研究结构(构件)的受力行为,总结结构受力行为的一般规律。随着桥梁工程的不断发展,新结构、新材料、新工艺的推广应用,原有的规范、规程往往不能适应工程实践的要求。为了修改、完善既有的规范、规程,指导设计与施工工作,就需要进行

大量的研究性试验。

在实际工作中,桥梁试验的种类很多,按照试验的目的与要求分类,可分为科学研究性试验和生产鉴定性试验。研究性试验的目的是为了建立或验证结构设计计算理论和经验公式,或验证某一结构理论体系中的科学假设判断的可靠性。研究性试验一般把对结构或构件的主要影响因素作为试验参数,试验结构的设计与数量均应按照具体研究目的的需要确定。根据实际情况,试验可在原型结构上进行,也可在模型结构上进行。研究性试验一般多采用模型结构,在专门的试验室内进行,利用特定的加载装置,以消除或减少外界因素的干扰影响,同时突出所要研究的主要因素。通过系统的模型试验,对测试资料数据加以分析论证,从而揭示出具有普遍意义的规律。生产鉴定性试验具有直接服务于生产实践的意义,一般以原型结构作为试验对象,在现场进行试验,根据一定的规范、标准的要求,按照有关设计文件,通过试验来确定结构的实际承载能力、使用性能和使用条件,检验设计施工质量,提出桥梁养护、加固、改建、限载对策,有效地保证桥梁结构的安全使用。生产鉴定性试验也称之为桥梁检测,包括静载试验、动载试验、无损检测与长期监控测试四个方面。在桥梁试验中,原型试验存在费用高、期限长、测试环境多变等不利的影响因素,如对一些大型桥梁进行多因素的研究性试验,有时是难以实现的。因此,结合原型桥梁进行模型试验往往成为科技工作者的一种有效的手段,可以更为方便地、全面地研究主要影响因素之间的关系,探索结构行为的普遍规律,推动新结构、新材料、新工艺的发展与应用。

根据试验荷载作用的性质,桥梁试验可分为静荷载试验和动荷载试验。桥梁静载试验是将静止的荷载作用在桥梁上的指定位置而测试结构的静力位移、静力应变、裂缝等参量的试验项目,从而推断桥梁结构在荷载作用下的工作性能及使用能力。动载试验是利用某种激振方法激起桥梁结构的振动,测定桥梁结构的固有频率、阻尼比、振型、动力冲击系数、行车响应等参量的试验项目,从而判断桥梁结构的整体刚度及行车性能。静载试验与动载试验虽然在试验目的、测试内容等方面不同,是两种性质的试验,但对于全面分析掌握桥梁结构的工作性能是同等重要的。

就试验对结构产生的后果来说,桥梁试验可分为破坏性试验和非破坏性试验。一般情况下,鉴定性试验多为非破坏性试验。但在某些情况下,为了达到预定的试验目的,往往需要进行破坏性试验,以掌握试验结构由弹性阶段进入塑性阶段甚至破坏阶段时的结构行为、破坏形态等试验资料。实际上,原型结构的破坏试验,不论在费用上还是在方法上都存在一些具体的问题,特别是在结构进入破坏阶段后试验是比较困难的。因此,破坏试验一般均以模型结构为对象,在实验室内进行,以便能够较为方便可行地进行加载、控制、量测、分析,从而总结出具有普遍意义的规律,推广应用于原型结构。

按试验持续时间的长短,可分为长期试验和短期试验。鉴定性试验与一般性的研究试验多采用短期试验方法,只有那些必须进行长期观测的现象,如混凝土结构的收缩和徐变性能、桥梁基础的沉降等,才采用长期试验的方法。此外,对于大型桥梁结构或新型桥梁结构常常采用长期观测或组织定期的检测,以积累这些结构长期使用性能的资料。

总之,结合具体的试验目的及要求,可选用一种或几种试验方法。在选择时应讲求

经济成本，一般能用模型代替的，就不搞大规模的原型试验；通过非破坏性试验可以达到试验目的的，就不做破坏性试验。

第二节 桥梁检测的工作内容

桥梁检测的工作内容比较多，涉及到很多方面。从方法上来讲，分为静载试验、动载试验和无损检测；从时间上来看，分为短期试验和长期试验；从进行时期来看，分为成桥试验和施工阶段的监测控制。一般情况下，桥梁现场检测可分为三个阶段，即准备规划阶段、加载与观测阶段和分析总结阶段。

准备规划阶段是桥梁检测顺利进行的必要条件。该阶段工作包括：桥梁设计文件、施工记录、监理记录、原试验资料、桥梁养护与维修记录等桥梁技术资料的收集，桥梁现状（如桥面系、承重结构构件、支座、基础等部位）的表观检查，设计内力计算、加载方案制定、量测方案制定、仪器仪表选用等方面，同时还包括搭设工作脚手架、设置测量仪表支架、测点放样及表面处理、测试元件布置、测量仪器仪表安装调试等现场准备工作。可以说，检测工作的顺利与否很大程度上取决于检测前的准备工作。

加载与观测阶段是整个检测工作的中心环节。这一阶段的工作是在各项准备工作就绪的基础上，按照预定的试验方案与试验程序，利用适宜的加载设备进行加载，运用各种测试仪器，观测试验结构受力后的各项性能指标（如挠度、应变、裂缝宽度、加速度等），并采用人工记录或仪器自动记录手段记录各种观测数据和资料。有时，为了使某一加载、观测方案更为完善，可先进行试探性试验，以便更完满地达到原定的试验目的。需要强调的是，对于静载试验，应根据当前所测得的各种技术数据与理论计算结果进行现场分析比较，以判断受力后结构行为是否正常，是否可以进行下一级加载，以确保试验结构、仪器设备及试验人员的安全，这对于存在病害的既有桥梁结构进行试验时尤为重要。

分析总结阶段是对原始测试资料进行综合分析的过程。原始测试资料包括大量的观测数据、文字记载和图片等材料，受各种因素的影响，一般显得缺乏条理性与规律性，未必能深刻揭示试验结构的内在行为规律。因此，应对它们进行科学的分析处理，去伪存真，去粗取精，综合分析比较，从中提取有价值的资料。对于一些数据或信号，有时还需要按照数理统计的方法进行分析，或依靠专门的分析仪器和分析软件进行分析处理，或按照有关规程的方法进行计算。这一阶段的工作，直接反映整个检测工作的质量。测试数据经分析处理后，按照相关规范、规程以及检测的目的要求，对检测对象作出科学的判断与评价。全部检测工作体现在最后提交的试验研究报告中。

混凝土无损检测技术是桥梁检测技术中一项重要的内容。所谓混凝土无损检测技术，是在不破坏混凝土内部结构和使用性能的情况下，利用声、光、热、电、磁和射线等方法，测定有关混凝土性能的物理量，推定混凝土的强度、缺陷等的测试技术。混凝土无损检测技术与破坏试验方法相比，具有不破坏结构的构件、不影响其使用性能、可以探测结构内部的缺陷、可以连续测试和重复测试等特点。应用混凝土无损检测技术，可以检测混凝土的强度、弹性模量、裂缝的深度和宽度，可以检查钢筋的直径、位置和

保护层厚度,还可以探知混凝土的碳化程度、钢筋的锈蚀程度和混凝土构件的尺寸等参数。混凝土无损检测技术,对于进行施工质量检查与管理,进行既有结构的养护、维修管理,评定既有混凝土结构的强度、耐久性及损伤程度是非常重要的。

对于大跨度桥梁,由于施工周期长,外界因素变化较大,为了确保施工能够较准确地实现设计意图,避免一些随机因素(如温度、湿度、材料参数、施工误差)对桥梁施工过程和成桥后状态造成过大的影响,就需要在施工过程中对每一施工阶段桥梁的线形、应力、内力等参数进行实时在线监测控制,逐阶段与设计目标值进行比较,并预测下一施工阶段这些参量的变化态势,以便必要时修正设计计算参数,采取控制调整措施,以逼近设计目标值,这就是施工控制。施工控制对于大跨度桥梁的建造具有非常重要的意义。

混凝土桥梁的一些时效因素,如收缩、徐变、基础沉降、温度变化,往往使桥梁结构产生附加内力,可能造成桥面线形不平顺,严重时危及桥梁结构的安全运营。为了能够及时准确地掌握这些时效因素对结构的影响程度,了解这些时效因素对结构影响的变化趋势,就需要在一个相对较长的时期内定期测量桥梁结构的线形、应变、内力、裂缝等参量,并对这些参量进行综合分析,以判断桥梁结构的实际状态,这类测试我们称之为长期监控测试。除此之外,对于一些重要桥梁或新型桥梁结构也常常采用定期检测的方法来积累这些结构长期使用性能的资料,以使规范更臻完善。

综上所述,桥梁检测是一门直接服务于工程实践的技术学科,涉及到桥梁的设计计算理论、试验测试技术、仪器仪表性能、数理统计分析、现场试验组织等方面,具有较强的综合性、应用性和复杂性。近20年来,随着桥梁工程的飞速发展,新结构、新材料、新工艺的不断涌现,桥梁荷载的不断趋于增大,以及大批既有桥梁结构进入老化期,因此桥梁检测工作就愈显重要,并对其提出了更高、更全面的要求;同时,随着自动化技术的不断发展及计算机的普及与应用,使得测试技术、分析手段也取得了长足的进步。完全可以相信,桥梁检测将进一步地推动桥梁建设事业的发展,为确保桥梁安全运营、进行科学养护起到更加重要的作用。

第二章 公路旧桥评定与加固技术

第一节 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进行设计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评价、结构承载能力评价和使用价值评价等三个方面。

一、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，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，发生事故的几率，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，作出评价。

二、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的评价，也是对旧桥使用功能作实质性的分析评定。

三、旧桥使用价值评价

在对旧桥作出上述一、二两项评价之后，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。

第二节 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,采用最先进的技术和材料,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的基础,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。

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,对下部结构进行加固、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,也都起着重要的作用。

一、旧桥上部结构加固、改造技术与方法

(一) 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,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。

(二) 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能力。该法广泛用于梁桥及拱桥拱肋的加固。

(三) 锚喷混凝土加固法

借助高速喷射机械,将新混凝土混合料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,加固结构的整体性,使其能承受更大的外荷载作用。

(四) 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。

(五) 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，由简支梁变连续梁，或在梁下增设钢桁架等加劲或叠合梁等，以减小梁内应力，达到提高梁的承载能力的目的。

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，因而减小桥下净空，或施工时会影响通航，所以必须考虑通航及桥梁排洪能力。

由于该法加固效果较好，因此也是目前国内外用来解决临时通行超重车辆的一种常用的加固措施。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。

(六) 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。

体外预应力加固法的优点是：

- (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。

(七) 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。

(八) 拱圈增设套拱加固法

当拱式桥梁的主拱圈为等截面或变截面的砖、石或混凝土等实体板拱时，且下部构造无病害，同时桥下净空与泄水面积容许部分缩小时，可在原主拱圈腹面下增设一层新

拱圈，即紧贴原拱圈底面上浇筑或锚喷混凝土新拱圈，外形上就像是在原拱圈下套做了一个新拱圈。

二、旧桥下部结构加固、改造技术与方法

(一) 扩大基础加固法

桥梁基础扩大底面积的加固，称为扩大基础加固法。此法适用于基础承载力不足或埋深太浅而墩台又是砖石或混凝土刚性实体式基础时的情况。扩大基础底面积应由地基强度验算确定。当地基强度满足要求而缺陷仅仅表现为不均匀沉降变形过大时，采用扩大基础底面积的加固，主要由地基变形计算来加以选定。

(二) 增补桩基加固法

当桥梁墩台基底下有软卧层，或墩台基础未下至坚硬岩层时，墩台发生沉陷；当桥梁墩台采用桩基础而桩的深度不足，或由于水流冲刷等原因使桩发生倾斜。这些病害都直接影响桥梁结构的正常使用和服务年限。对此，采用增补桩基加固法是一种常用而且有效的方法。这种加固方法是：在桩式基础的周围补加钻孔桩，或打入钢筋混凝土预制桩，扩大原承台的面积，以此提高基础的承载力，增强基础的稳定性。

(三) 钢筋混凝土套箍或护套加固法

当桥梁墩台由于基础埋置深度不够，或因施工质量控制不严等原因，导致墩台开裂破损时，有时会出现贯通裂缝，此时可采用钢筋混凝土围带或钢箍进行加固。加固时一般在墩身上中下分设三道围带，其间距应大致相当于桥墩侧面的宽度。每个围带的宽度，则根据裂缝的情况和大小而定，一般约为墩台高度的 1/10，厚度采用 10 ~ 20 cm。当墩台损坏严重，如有严重裂缝及大面积表面破损、风化和剥落时，则可采用围绕整个墩台设置钢筋混凝土护套的方法（穿裤子）进行加固。

(四) 桥台新建辅助挡土墙加固法

由于桥台台背水平土压力过大，引起桥台倾斜，应设法采取平衡桥台后壁的土压力处理，在台背之后加建一挡墙，以抵御过大的土压力。

(五) 墩台拓宽方法

利用旧桥基础，靠墩台盖梁挑出悬臂加宽部分，以便安装加宽的上部结构。此种情况为只加宽墩台上部的盖梁，墩台身和基础则不需予以加固。采用此法加宽墩台时，旧桥墩台基础必须完好、稳定，且需要经过承载力验算后才能采用。否则，应在老桥的墩台旁，重新浇筑拓宽部分的墩台及基础。

第二篇 桥梁结构检测技术

第一章 桥梁结构的细部检查

为了周密地检测桥跨结构的变形、位移、偏差及其存在的缺陷，细部检查是不可忽视的环节。只有经过细部的检查，才能更全面地发现桥梁各部位出现的病害。所以，除了掌握全桥概况以及有关的技术资料外，尤其应对各部结构的重点部位进行检测。

第一节 桥梁的主要技术资料

掌握桥梁基本资料，明确现实情况，是进行桥梁检测加固工作的重要前提。

一、桥梁概况及历史资料的搜集内容

- (1) 桥梁所在公路路线名称，跨越河流名称；桥梁全长、孔数、跨径组合、桥面净宽、横坡及纵坡等。
- (2) 桥梁净空与通航河流等级及其最高洪水位等。
- (3) 桥梁各部结构形式及建桥材料种类。
- (4) 桥梁建造年代。
- (5) 桥梁发生损伤、破坏、事故、水害等的程度及抢修、修复情况。
- (6) 建造及修复（包括加固）时所依据的设计标准（包括载重、洪水频率、地震烈度等）。
- (7) 桥梁营运使用、交通量变化情况。
- (8) 历年经常维修养护的一般情况，包括经常养护工作中所频繁出现的主要问题和缺陷。

二、桥梁技术资料的搜集内容

- (1) 建造及加固（包括大修）时的设计资料、竣工图纸，预制梁出厂合格证明书。
- (2) 材料试验、施工记录、设计变更及隐蔽工程检验，竣工验收、总结等资料。
- (3) 桥梁定期检查的有关记录资料。
- (4) 建桥前后的水文、地质及航道交通变化等资料。