

旧桥检测、评价、加固 技术的应用

交通部科学技术情报研究所

1990.5

前 言

桥梁建筑在我国具有悠久的历史，其设计构思与建筑技术别具一格者亦为数颇多。许多古桥如北京的芦沟桥等，在经历了上百年风雨之后，仍然正常使用，足以证明我国建桥技术早已达到很高的水平。据统计，全国解放前建成的 198 座大中型桥梁仍然屹立在干线公路和县级公路上，供来往车辆奔驰。

在蜿蜒于平原和山岳的条条公路上，近十六万座各种型式的桥梁，犹如卧波长龙般地横跨于河川碧水之上，点缀着锦绣大地。用它那强劲的躯干，默默地为“物尽其流”做出奉献。

无庸讳言，桥梁会随着岁月流逝而“衰老”，会因人为因素而变得羸弱，有些桥梁还因不能满足车辆大型化、重型化带来的新要求而成为“瓶颈”，限制着公路运输，特别是重件运输的发展。目前，我国公路桥梁有近十三万延米（约四千座），因种种原因出现损坏，已成为危桥。还有约十万多延米桥梁达不到汽—10级荷载标准。凡此种种，无不成为桥梁工作者焦虑和重视。经过十多年的艰辛努力，我国桥梁工作者研究出多种能够快速、准确、经济、可靠地检测、评估和加固旧桥的方法，并经受住了实践的考验，取得了良好的社会效益。交通部亦已发文件，要求各有关部门推广应用这些技术，使科技成果尽快转化为生产力。为此，我们经过调查研究分析比较，将下面四个方面的内容编辑成册，以飨读者。

第一章 国内公路旧桥检测技术

第二章 旧桥评价原则和方法

第三章 旧桥加固与加宽技术

第四章 国外桥梁检测、评价、加固技术的应用

编 者 的 话

“旧桥检测、评价、加固技术的应用”已列入交通部1989～1990年科技进步“通达计划”项目，由交通部科技情报所具体组织推广。为了帮助广大桥梁养护工程技术人员掌握这项技术，我们编辑了《旧桥检测、评价、加固技术的应用》一书，供有关同志参考。

本书由交通部公路研究所张劲泉、何玉珊、国天遼、北京建工学院熊融、巫东浩、四川省交通研究所魏光霞、广东省公路勘察规划设计院黄小洛、交通部科技情报所殷湛华、魏克英、李品珍、潘筱、王秀娟、程幼勤、王雨龙等同志编写。由交通部科技情报所副所长、高级工程师汤文杰和副研究员程幼勤审定。

本书还得到广东省韶关公路分局、福建省交通规划设计院等单位的领导和区永典、林增官等许多工程师的关心和支持，并积极提供资料，谨致以衷心感谢。

《旧桥检测、评价、加固技术的应用》一书能在短期内出版与读者见面，是集体智慧的结晶、是集体心血汇流的结果，愿它能在发展交通运输事业中起到促进作用。

由于我们编辑水平有限，不当之处，请批评指正。

责任编辑 程幼勤

编 辑 王雨龙

1990. 2. 22

目 录

前 言

第一章 国内公路旧桥检测技术

- 第一节 概 述..... (1)
- 第二节 桥梁检查技术..... (2)
- 第三节 静力荷载试验技术..... (9)
- 第四节 动力荷载试验技术..... (16)
- 第五节 非接触式多点变形测试方法——
“近景摄影测量法”..... (22)

第二章 旧桥评价原则和方法

- 第一节 旧桥评价的一般原则..... (25)
- 第二节 旧桥承载能力评定的基本原则..... (27)
- 第三节 钢筋混凝土梁式桥上部结构
承载力评定方法..... (32)
- 第四节 拱桥承载力评定方法的探索..... (47)
- 第五节 桥梁上部结构承载力评定综述..... (54)
- 第六节 桥梁下部结构承载力评定的
控制指标概述..... (54)
- 第七节 按结构“可靠度”评定桥梁..... (56)

第三章 旧桥加固与加宽技术

- 第一节 概 述..... (60)
- 第二节 桥梁病害原因及其表现..... (61)
- 第三节 上部结构加固技术..... (63)
- 第四节 上部结构加宽技术..... (90)

第五节	下部结构及基础加固技术·····	(93)
-----	------------------	------

第四章 国外桥梁检测、评价、加固技术的应用

第一节	苏联的旧桥改造·····	(100)
第二节	美国公路桥梁的维修管理·····	(114)
第三节	英国公路桥梁鉴定与评价简况·····	(125)
第四节	日本旧桥检测与加固技术·····	(143)
第五节	民主德国桥梁的检测与改造·····	(156)
第六节	印度旧桥检测与加固技术·····	(170)

第一章 国内公路旧桥检测技术

第一节 概述

公路旧桥检测技术主要包括两个方面的内容，即桥梁检查技术和荷载试验评定技术。我国自五十年代中期就已开展了结构混凝土的现场无破损或半破损检测方法的研究，七十年代以后发展尤为迅速。目前已广泛用于工程测试，并已制订了若干部级技术规程，如《回弹法评定混凝土抗压强度技术规程》、《“超声一回弹”综合法检测混凝土抗压强度规程》、《钻芯法检测混凝土强度技术规程》等。无破损检测方法不仅可以用于结构混凝土测强、探伤或测缺，而且还可用于混凝土性能变化过程的连续观测。正是由于结构混凝土无破损或半破损检测设备和方法的研制和应用成功，已使得桥梁检查从原来单一的目力检查和以经典物理学概念为基础的简单物理测量变成能反映结构质量、内部缺陷和损伤程度的综合诊断，这也就是用调查与分析计算相结合的方法能成功地评定桥梁承载能力的关键所在。此外，我国云南、湖北、吉林等省和部公路所已研制出用于现场检查的轻便可移动式检查架，从而解决了进入桥梁检查部位的通道问题，使桥梁检查在不妨碍桥面交通的情况下就能很容易地进行。

桥梁检查的目的在于，通过对桥梁的技术状况及缺陷和损伤进行全面而细致和深入的现场检查，查明缺陷或潜在缺陷和损伤的性质、部位、严重程度及发展趋势，弄清出现缺陷和损伤的主要原因，以便能分析和评价既存缺陷和损伤对桥梁质量和使用承载能力的影响，并为桥梁维修和加固设计提供可靠的技术数据和依据。因此，桥梁检查是进行桥梁养护、维修与加固的先导工作，是决定维修与加固方案可行和正确与否的可靠保证。它是桥

梁评定、养护、维修与加固工作中必不可少的重要组成部分。这就是国内外为什么十分重视桥梁检查工作的主要原因。

在工程实践中，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载重吨位就更是势在必行的了。由于这种试验多为非破坏性的鉴定性试验，试验荷载基本上是短期荷载。因此，荷载试验评定方法不能反映结构的极限性能、疲劳性能以及今后材料强度和结构响应的不定性等因素对结构承载能力的影响。但是，荷载试验评定是对桥梁结构物进行直接测试的一项科学试验工作。通过荷载试验，可以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的部位的受力状态，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征和修建质量等，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检查中难以发现的隐蔽病害。正因为如此，所以目前我国仍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。

第二节 桥梁检查技术

按照检查的范围、深度、方式和检查结果的用途，大致上桥梁检查可以归纳为下列四类，即巡视检查、日常检查、定期检查和特殊检查。

巡视检查是由专家对一条线路或一定区域内的桥梁进行的快速扫视检查，其目的在于对所需检查的桥梁的技术状况和主要存在问题形成一个总体印象，以便能对它们进行初步的专家排序以及为进一步的检查作技术准备。

日常检查一般一月一次，由路段检查人员或桥工班或护桥人

员进行扫视检查。旨在确保结构功能正常，使结构能得到及时的养护和保养或紧急处理，对需要检修和一些重大问题作出报告。在诸如大风雨、暴雨和洪水等特殊自然现象发生之后，对暴露性建筑物还要进行扩大的日常检查。扩大日常检查通常每季度进行一次。日常检查使得检查人员能有机会在各种天气情况下对桥梁进行观察，因此检查人员应注意下列情况的发生：支撑结构和交通照明设施的损坏、因碰撞造成的损坏、侵蚀和冲刷破坏、排水系统失效、构件脱落和桥上车道面状况，及时上报严重的损坏、开裂和不正常变形的范围、程度和发生时间。

定期检查通常由具有一定检查经验并受过专门桥梁检查培训以及熟悉桥梁设计、施工等方面知识的检查工程师来进行，其目的是通过对结构物进行彻底的、视觉的和系统的检查，建立结构管理与养护档案，评定结构的损坏、构件和总体状况，确定改进工作和特别检查之需求，并确定结构维修、加固或更换的优先排序。定期检查结果主要从损坏状况、结构与构件状况和改进工作这四个方面进行评定。对于损坏状况，主要依据检查人员的判断，从损坏形式和程度、损坏可能发展变化趋势和损坏可能会产生的后果三个方面来评估打分评定。在结构或构件状况评定中，主要考虑损坏状况评定结果，同时也兼顾结构构件的功能、范围、价值及美观。改进工作的评定旨在决定改进的时间和方式，往往是通过改进工作的技术和经济分析来实现这一评定的。定期检查的周期大约是3年一次，但对木桥、浮桥等特殊结构一般是一年检查一次。

尽管日常检查和定期检查必要时可辅以简单手持工具进行检测，但是由于它们均是以目力为主的桥梁外观检查，检查结果的评定大多是基于经验，所以这两类检查比较适合于桥梁管理与养护部门。

特殊检查是因各种特殊原因由专家们依据一定的物理、化学或无损检测手段对桥梁一个或多个组成部分进行的全面察看、

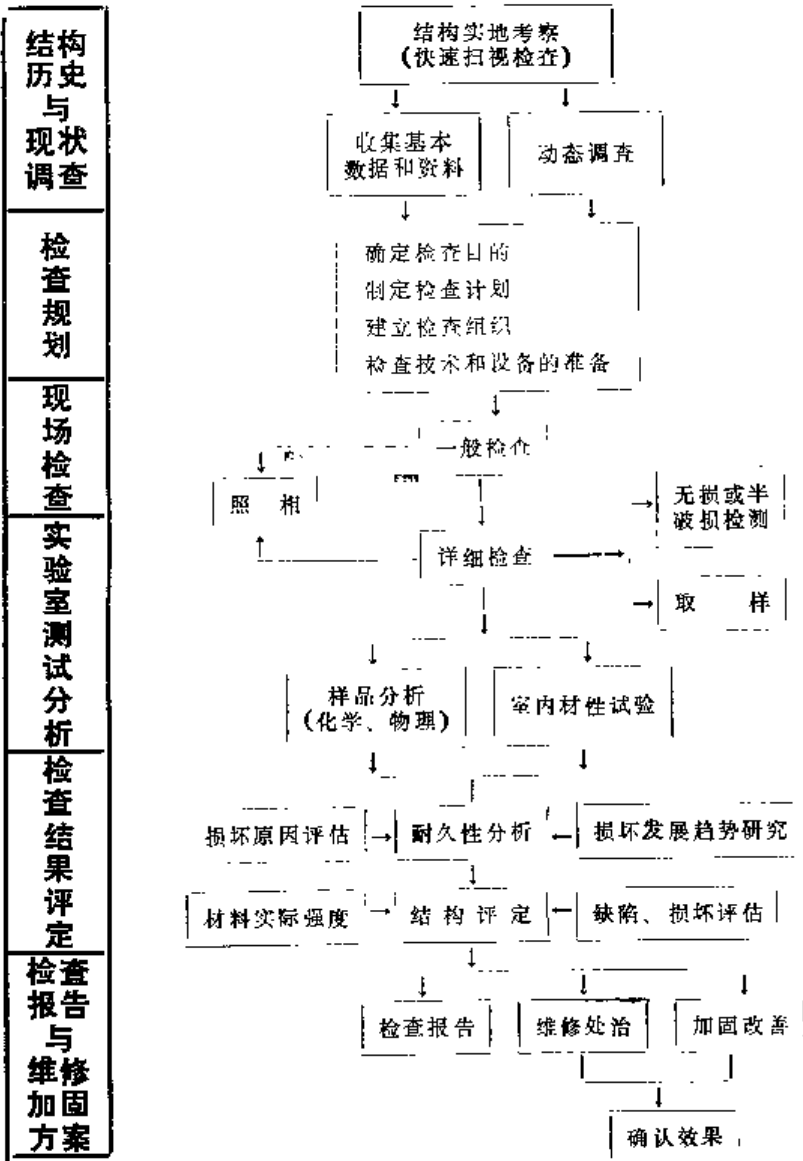


图1-1 桥梁检查的一般途径

测强和测伤或测缺，旨在找出损坏的明确原因、程度和范围，分析损坏所造成的后果以及潜在缺陷可能给结构带来的危险，为评定桥梁耐久性和承载能力以及确定维修工作的实施提供依据。通常在下列四种情况下需对桥梁进行特殊检查：

A、有必要使用特殊设备或专门技术对定期检查作补充时；

B、在进行复杂和昂贵的维修之前，需查出定期检查中未能发现的损坏情况时；

C、在发生特别事件之后，如洪水灾害、撞击事故和电车过桥等；

D、需要使用特殊仪器或需作特别详细记录的检查，拟评定结构实际状况时。

特殊检查一般由现场检查 and 实验室测试分析两大部分构成，现场检查可分为一般检查和详细检查两个阶段，一般检查通常象定期检查那样对结构及其附属设施的所有构件或部位进行彻底、视觉和系统的检查，记录所有损坏的部位、范围和程度。一般检查的结果是构成是否进行详细检查的依据，详细检查主要是对一些重点部位或典型桥孔采用一些专门技术和设备进行深入而细致的检测。

一、桥梁检查的一般途径

桥梁检查的一般途径如图(1-1)所示。

二、桥梁检查的项目及内容

在结构历史与现状调查阶段，通过对桥梁的快速扫视检查以及向设计、施工、监理和养护使用等部门或有关人员进行的基本数据资料收集和动态调查，需了解和收集到如表(1-1)所列的

表(1-1)

桥梁快速扫视检查	桥梁目前主要存在问题，限重、限速的大小。
桥梁基本数据和资料的收集	1. 桥梁设计、施工、监理以及历次检查与试验资料； 2. 历年养护、维修与加固或改善资料。
动态调查	1. 桥梁病害历史演变过程即病害史； 2. 使用中的特别事件和限重、限速的原因； 3. 交通状况，包括日平均交通量、高峰时的交通量、交通量的季节性变化，交通类型等； 4. 其它相关事项，如今后的扩展、改线计划、水文、气候环境等。

桥梁检查项目及内容

表 (1-2)

检查项目	检查内容
桥面系 1. 行车道面 2. 人行道面 3. 栏杆系 4. 缘石 5. 伸缩缝, 包括桥头和人行道接缝 6. 桥面排水设施	1. 桥面铺装平整和磨耗度及抗滑性能; 2. 桥面铺装开裂、层离、洼地积水、坑穴、波浪和表面污迹; 3. 人行道的功能及缘石的剥落、退化和高度不够; 4. 栏杆系的撞击损坏、松动、开裂、下挠和上拱以及构件脱裂丢失; 5. 伸缩缝、人行道和桥头接缝的开放程度、阻塞和损坏; 6. 桥面排水设施是否合理、破损堵塞或漏水。
桥跨结构 1. 主梁 2. 主拱圈 3. 桁架 4. 拱桥拱上建筑 5. 系杆拱之吊杆 6. 斜拉桥和吊桥之索塔和悬(拉)索等 7. 主梁、主拱圈、桁架等之间的横向联系	1. 结构实际尺寸, 包括截面尺寸、跨径、填料厚度、拱轴线、钢筋直径和布置等; 2. 混凝土的空洞、蜂窝、剥落、层离、风化隆起、露筋、裂缝和碎裂、表面沉积及钢筋锈蚀等; 3. 圬工砌体的开裂、风蚀、砌缝填料脱落等; 4. 钢结构的涂层脱落、生锈、扭曲变形、滑动错裂、焊缝开裂和铆栓钉松动脱落等; 5. 桥跨结构的不正常变形和开裂、支承处主要承重构件的局部承压不够; 6. 承重构件横向联接开裂、脱落失效; 7. 组合结构结合面张开、错位; 8. 拱圈纵横开裂、拱轴变形和侧墙鼓胀; 9. 索塔顶水平变位、扭转变形、锚锭上拔和拉索套管的破裂等; 10. 构件材料力学性能, 如圬工砌体、混凝土和钢材的强度、弹性模量等。
支座 1. 油毡支座 2. 摆柱支座 3. 钢板支座 4. 橡胶支座 5. 四氟板支座 6. 盆式橡胶支座	1. 支座老化、脏污、破裂、干涩、锈蚀; 2. 摆柱支座各部件相对位置是否正确, 受力是否均匀; 3. 橡胶支座的变形, 支座部件剪断等; 4. 活动支座卡孔或有不正常的位移量; 5. 支座垫石破碎。

续表 (1-2)

检查项目	检查内容
下部结构	1. 墩台材料的风化、水蚀、剥落、破损及裂缝等； 2. 墩台材料的力学性能，如强度等； 3. 冲刷与碰撞防护工程的损坏、失落和撞击破坏等； 4. 墩台基础的冲刷及倾斜、滑动、下沉或冻起及水平位移等； 5. 地基基础挖或触探检查。
其他	1. 引道线形、开裂、沉陷及路肩、边坡、排水沟状况等； 2. 锥、溜和护坡、开裂、隆起或坑陷、勾缝砂浆脱落、坡脚损坏、灌木杂草丛生等； 3. 河道的开放程度、冲刷和变迁、冰和砂砾堆的不适当超高、障碍物等； 4. 调治构造物是否正常起作用 and 坚固； 5. 桥上交通照明设备损坏、失效等； 6. 标志是否清楚、易读，是否处于恰当的位置上等。

信息资料。

桥梁检查必须包括但不一定局限于如表(1-2)所列的项目和内容。

三、桥梁检查的方法和设备

常用的桥梁检查方法大体上有二类，一类是目力检查和简单物理测量方法，这类方法大多用来检查桥梁的外观病害，如结构的变形、位移以及混凝土表面剥落、开裂等；另一类是无破损或半破损检查方法，其中有些方法是用来查明结构材料的力学性能的，有些是用来确定缺陷和损坏的性质和范围的。对于不同的材料和检查目的，往往采用的检查方法也是不同的。表(1-3)给出的是，国内大多数桥梁所用主要材料在不同检查目的时常用的检查方法与设备。

四、桥梁检查结果的评定分析

桥梁检查结果的评定分析一般包括：损坏原因评估、损坏和

常用检查设备表

表 (1—3)

材 料	检查目的	检 查 方 法	检 查 设 备
混 凝 土	现状检查	目力检查	敲击锤、照相机
		打开检查	切割工具、内窥镜、照相机
	裂缝检查	目力检查	钢卷尺、刻度放大镜
		钻芯法	钻取芯样机
		超声脉冲法	超声仪
	碳化状况	酚酞试验	切割或取芯工具、酚酞试剂
氯化物含量	滴定条法	取粉机、化学试剂、滴定条	
密度与湿度	射线法	核子密湿度探测仪	
内部缺陷	超声脉冲法	超 声 仪	
电 阻 率	电学检测法	混凝土电阻率测定仪	
强 度	取 芯 法 回 弹 法 超 声 脉 冲 法 “回弹—超声”综合法 射 钉 法	钻芯机、切割工具、压力试验机	
		回 弹 仪	
		超 声 仪	
		回弹仪、超声仪	
		射钉、射钉枪	
强 度	半 破 损 法	扁式千斤顶、反力架	
钢 筋	保护层厚度	磁场探测法	保护层厚度测定仪
	钢筋直径、 布置		
	钢筋锈蚀	目力检查 自然电位法	Cu/CuSO ₄ 半电池、DVM高阻抗表
预应力 钢筋	现状检查	目力检查	
	预应力管道 管道空隙	打开检查 透 气 法	钻孔机、内窥镜、照相机 压气机、气筒、测压机

质量衰退程度评定、结构耐久性和实际状况的分析以及改善工作的评定。结构实际状况评估主要是研究结构损坏和衰退带来的严重后果，通常按照结构实际材料状况、损坏程度通过适当的计算

分析就可以确定。而结构耐久性分析就是一个十分复杂的问题，它不仅取决于损坏和衰退进一步发展的速度，而且还取决于今后的气候、环境、交通和所采用的维修方案，因此对结构耐久性作出切实评估是困难的。损坏和质量衰退程度评定往往是靠对各项检查结果进行仔细的解释判读而达到的，但有些单项检查结果的解释判读标准是具有较大的相对性和局限性的，如判别钢筋能锈蚀的自然电位标准，因此在检查中必须采用一些对比手段建立相应的专用判别标准。

第三节 静力荷载试验技术

桥梁结构的静力荷载试验是将静止的荷载作用在桥梁上的指定位置来测试结构的静应变和位移或其它项目，从而推断桥梁结构在荷载作用下的工作状态和使用能力。对于一些缺乏设计资料、结构受力不详不便检算或对根据检查及检算结果综合判断的桥梁承载能力有怀疑的旧桥，采用静力荷载来评定它们的承载能力和安全度是十分必要的。桥梁结构的静力荷载试验一般分为三个阶段，即桥梁结构的考察和试验方案设计阶段、加载试验与观测阶段、测试结果分析与总结报告阶段。

一、试验计划的制订

桥梁荷载试验是一项复杂而细致的工作，在制定试验计划之前，需对试验结构进行全面的考察与检查，并需收集有关资料，在桥梁检查和检算的基础上确定试验项目。仔细考虑试验的全过程，预计可能出现的问题及其处理方法，才能保证所定试验计划切实可行和试验工作的顺利进行。通常，试验计划应包括下列内容，即：试验目的、试验准备工作、加载方案与实施、测点设置与观测、加载控制与安全措施、试验程序与进度等。

二、试验准备工作

试验的准备工作包括：

(一) 试验孔(墩、台)的选择

确定试验孔(墩、台)应根据结构受力最不利、结构技术状况较差或病害多而严重、便于搭设脚手架和设置测点以及加荷方便等原则进行。一般可结合桥梁检查和检算工作进行。对于多孔结构,还需考虑病害或问题的种类及结构上的不同。

(二) 检查架与仪表架的搭设

检查架必须方便观测仪表和裂缝,应以经济、方便、安全为原则。检查架与仪表架应完全脱离,不影响仪表和测点的正常工作,不干扰测点附属设施。当桥下净空高不便设置固定检查架时,可采用轻便活动吊架。仪表架要稳固并能承受试验时可能产生的碰动干扰。用于观测墩台沉降和位移的仪表架应离开墩台基础边缘至少1.5米,以不受墩台变位的影响。搭设仪表架时还需留心观测点不要受阳光直接照射和防雨措施等。

(三) 加载位置放样及加载设备的准备。

(四) 试验人员组织与分工。

(五) 仪表的选择、安装、检查与调试等。

三、加载方案与实施

(一) 加载试验项目的确定

旧桥静力荷载试验项目按其目的来分,大体上有两类,一类测定荷载横向分布特性的单点加载试验,一类鉴定桥梁承载能力的加载试验。因此加载试验项目安排应抓住重点,不宜过多。几种常见主要桥型的加载试验项目如表(1—4)所列。

(二) 静力试验荷载的确定与布置

旧桥承载能力评定荷载一般有以下几种,即标准汽车、挂车或履带车、人群荷载和需通行的特种重载。产生控制截面最不利内力的评定荷载常作为静力试验荷载。但由于客观条件的限制,实际采用的试验荷载往往会与评定荷载有所不同。为保证试验效果,在选择等效试验荷载时要使等效试验荷载作用下的控制截面内力计算值与评定荷载作用下同截面的内力之比,即试验荷载效

几种主要桥型试验项目表

表 9-4

桥 梁 式 型	加 载 试 验 项 目	
	主 要	附 加
简支梁	跨中最大正弯矩及挠度 L/4截面正弯矩及挠度	支点最大剪力和墩台垂直位移
连续梁	支点最大负弯矩 跨中最大正弯矩	支点最大剪力 墩台最大垂直力及位移
悬臂梁	支点最大负弯矩 悬臂端最大挠度 锚跨跨中最大正弯矩	支点最大剪力 墩台最大垂直力及位移 挂梁跨中最大正弯矩
无铰拱	拱顶最大正弯矩 拱脚最大负弯矩	拱脚最大水平推力及变位 L/4截面最大正弯矩和最大负弯矩

率，在0.95~1.05之间。等效试验荷载通常有可行式车辆和重物直接加载两种。当采用重物直接加载时，需注意避免加载设备与桥梁共同承载而形成“卸载”现象。试验荷载布置应使结构处于某种实际可能的最不利工作状态。

(三) 试验荷载分级与加载方式

为了了解结构应变或变位随加载内力增加的变化关系和防止结构意外损坏，试验荷载需逐级增加。用车辆加载一般分成2~3级，用重物加载为3~4级即基本荷载的60%、80%、90%和100%。车辆荷载的分级可采用逐渐增加加载车数量和加载车位于控制截面内力纵横向影响线不同位置的方法。静力试验荷载的加载方式，根据加载设备条件可分成两种，即：单逐级递加到最大荷载，然后逐渐卸至零载，这种方法适合于重物直接加载；逐级递增的循环加载方法，此法宜用于车辆加载。

(四) 加载时间选择与静力荷载的持续时间

加载试验应安排在气温变化不大，外界气候条件较好的时间（如晚上10时至凌晨5时）内进行。静力荷载的持续时间取决

于结构最大变位达到相对稳定所需的时间，对钢筋混凝土和木结构一般取15~30分钟，钢结构通常不少于10分钟。

（五）加载程序的确定

正式加载试验前，一般需对试验结构进行必要次数的预加载。通过预加载，一方面可以使结构进入正常工作状态，另一方面也可检查试验装置的可靠性以及检查全部观测仪表工作是否正常，并能起到演习作用。预加载的荷载一般取1~2级分级荷载。

（六）加载试验的控制

加载应严格按设计的加载程度进行，荷载的大小和截面内力都应由小到大逐渐增加，并随时作如停止加载或卸载的准备。加载试验过程中，要及时分析控制测点的变位或应变，随时观察结构薄弱部位状况、开裂等。一旦发现下列情况，应立即终止加载试验：

1. 控制测点应力或挠度（变位）超过检算控制值和规范规定值；
2. 加载过程中超过规范允许缝宽的裂缝大量增多，对结构使用寿命造成明显影响时；
3. 墩台变位超过允许值且不能稳定时；
4. 发生其它损坏，影响桥梁承载能力和正常使用时。

四、观测方案的制定

观测方案应按照试验目的和要求，确定观测项目、测量区段、测点位置，并选择合适的仪表和确定试验观测方法。

（一）观测项目的确定

桥梁在荷载作用下的变形可以分成两类：一类变形能反映结构的整体工作状况，如挠度、转角和支座位移等，为整体变形；另一类反映结构的局部工作状况，如纤维变形、裂缝和局部挤压变形等，称局部变形。在确定观测项目时，首先要考虑结构的整体变形，因为它能概括结构工作的全貌，也能反映结构任何部分的异常变形或局部损坏。局部变形也很重要，它能反映结构的抗